

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2016

Bc. Lukáš Darda

**VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského
inženýrství**

**Zařízení pro stanovení vodního objemu
ocelových tlakových lahví**

**Measurement System for Water Volume
Measurement of Steel Gas Cylinders**

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Darda**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2601T004 Měřicí a řídicí technika
Téma: **Zařízení pro stanovení vodního objemu ocelových tlakových lahví**
Measurement System for the Water Volume Measurement of Steel Gas
Cylinders
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s technologií výroby ocelových tlakových lahví.
2. Analýza stávajícího řešení měření vodního objemu ocelových tlakových lahví.
3. Návrh nové koncepce měřicího systému.
4. Realizace měřicí a řídicí aplikace.
5. Návrh a realizace vizualizační aplikace.
6. Testování funkčnosti, uvedení do provozu, zhodnocení přesnosti měření.
7. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KALANI, Ghodrat. *Industrial process control: advances and applications*. Boston: Butterworth-Heinemann, c2002, xiii, 182 s. ISBN 0-7506-7446-6.
- [2] MÜLLER, Jürgen, Frank NEUMANN a Bernd PFEIFFER. *Controlling with SIMATIC: practice book for SIMATIC S7 and SIMATIC PCS7 control systems*. Erlangen: Publicis, c2005, 162 s. ISBN 3-89578-255-6.
- [3] NOSKIEVIČ, Petr. *Modelování a identifikace systémů*. Ostrava: Montanex, 1999, iv, ii, 276 s. ISBN 80-7225-030-2.
- [4] KAMEL, Khaled a Eman KAMEL. *Programmable logic controllers: industrial control*. New York: McGraw-Hill Education, c2014, x, 419 s. ISBN 978-0-07-181045-6.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Kozíorek, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016



doc. Ing. Jiří Kozíorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární
prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 29.4.2016

Podpis studenta 

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jiřímu Koziorkovi, Ph.D. za ochotu a trpělivost při zpracování této práce. Dále děkuji všem zaměstnancům firmy Vítkovice Mechanika a.s., kteří se spolupodíleli na přípravě a realizaci samotné rekonstrukce zařízení.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací rekonstrukce zařízení pro stanovení vodního objemu ocelových tlakových lahví, které je součástí hydrostatické zkušebny ve firmě Vítkovice Cylinders a.s.. Současný stav tohoto zařízení je nevyhovující z hlediska provozu a údržby. Cílem rekonstrukce je vybavit současné nefunkční zařízení novými řídicími, měřicími a ovládacími prvky. A současně zajistit, aby pracovní uzel po rekonstrukci zařízení dosahovat původní taktu linky.

Diplomová práce popisuje rekonstrukci elektro části zařízení, mechanická část rekonstrukce není součástí této práce.

Klíčová slova

REKONSTRUKCE, PLC SIEMENS SIMATIC S7-315, HMI SIEMENS BASIC PANEL KPT600, SIWAREX, SIMATIC-MANAGER, VIZUALIZACE, DATABASE

Abstract

This thesis deals with design and implementation of reconstruction measurement system for water volume measurement of steel gas cylinders, which is part of the hydrostatic testing company Vitkovice Cylinders a.s ..The current status of this equipment is unsatisfactory in terms of operation and maintenance. The aim of the reconstruction is to provide current broken new control equipment, measurement and controls. And at the same time ensuring that the working node after restoration equipment to achieve the original clock lines.

The thesis describes the reconstruction of the electrical equipment, mechanical part of the reconstruction is not part of the job.

Key words

RECONSTRUCTION, SIEMENS SIMATIC S7-315 PLC, HMI SIEMENS BASIC PANEL KPT600, SIWAREX, SIMATIC-MANAGER, VISUALIZATION, DATABASE

Obsah

I.	Seznam použitých symbolů a zkratk	10
II.	Seznam ilustrací a seznam tabulek	11
1.	Úvod	13
2.	Seznámení s technologií výroby ocelových tlakových lahví	14
2.1	Náhled na umístění zařízení v provozu	14
2.2	Hydraulické schéma	15
2.2.1	Popis komponentů hydraulického schéma	15
2.3	Detailní popis zařízení – hydrostatická zkušebna	17
3.	Analýza stávajícího řešení měření vodního objemu ocelových tlakových lahví	18
3.1	Princip činnosti	18
3.1.1	Postup výpočtu objemu	18
3.1.2	Postup výpočtu teploty	19
3.2	Popis zařízení – slaboproudá část	20
3.2.1	Řídicí jednotka	21
3.2.2	Deska zdrojů	21
3.2.3	Základní deska	21
3.2.4	Procesorový modul	22
3.2.5	Modul komunikace	22
3.2.6	Deska relé a galvanicky oddělených vstupů	22
3.2.7	Displej LED	22
3.2.8	Displej LCD	22
3.2.9	Vážní jednotka – přesný AD převodník	22
3.3	Technické parametry původního zařízení	23
3.3.1	Řídicí jednotka	23
3.3.2	Vážní jednotka – AD převodník typ COMETS 7710/7711	23
3.3.3	Zdroj k vážicí jednotce	23
4.	Požadavky zadavatele na rekonstrukci zařízení	24
5.	Návrh nové koncepce měřicího systému	25
5.1	Popis zařízení	25
5.2	Princip stanovení vodního objemu	27

5.2.1	Výpočet objemu	27
5.3	Posouzení přesnosti měření pomocí etalonu	29
5.3.1	Závěr měření	30
6.	Realizace měřicí a řídicí aplikace	31
6.1	Návrh hardwaru	31
6.1.1	Řídicí systém	31
6.1.2	Ovládací panely	32
6.1.3	Ovládací a řídicí prvky	34
6.1.4	Výběr nových snímačů	38
6.1.5	Dispozice přístrojů v rozvaděči	46
6.1.6	Popis elektro instalace	47
6.2	Technické parametry	48
6.2.1	Technické údaje	48
6.2.2	Ochrana před úrazem elektrickým proudem	49
6.2.3	Technické požadavky na zařízení	49
6.2.4	Ochrana proti zkratu	49
6.2.5	Vnější vlivy	49
6.2.6	Údržba a periodické kontroly	50
6.3	Realizace softwarového řešení	51
6.3.1	Tvorba programu PLC	55
6.4	Návrh a realizace vizualizační aplikace	58
6.4.1	Mapa obrazovek	59
6.4.2	Kontrola, příprava a seřízení zařízení k provozu	60
6.4.3	Jednotlivé kroky pro měření	62
6.4.4	Diagram zobrazující cyklus přípravy zařízení k provozu	64
6.4.5	Diagram zobrazující cyklus měření ocelové tlakové láhve	64
6.5	Tvorba databáze	65
7.	Testování funkčnosti, uvedení do provozu, zhodnocení přesnosti měření	67
8.	Zhodnocení dosažených výsledků	68
9.	Použitá literatura	69
10.	Seznam příloh	70

I. Seznam použitých symbolů a zkratek

OL	Ocelová láhev	
MS1, MS2	Měřicí stanice č. 1, č. 2	
RM3, RM4	Rozvaděč motorový č. 3, č. 4	
ŘS	Řídicí systém	
OP	Operátorský panel	
PLC	Programmable Logic Controller	Programovatelný logický automat
HMI	Human machine interface	Uživatelské rozhraní
HW	Hardware	Technické vybavení
SW	Software	Programové vybavení
DI	Digital input	Digitální vstup
DO	Digital output	Digitální výstup
AI	Analog Input	Analogový vstup
CPU	Central Processing Unit	Centrální procesorová jednotka
FBD	Function Block Diagram	Funkční blokové schéma
STL	Structured Text Language	Jazyk strukturovaného textu
SCL	Structured Control Language	Strukturovaný jazyk vyšší úrovně
PC	Personal Computer	Osobní počítač
IP	Ingress protection	Ochrana krytím
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol	Řídicí přenosový protokol/ protokol síťové vrstvy
SPI	Serial Peripheral Interface	Sériové periferní rozhraní
VDC	Voltage Direct Current	Stejnoseměrné napětí
VAC	Voltage Alternating Current	Střídavé napětí
VA	Voltampér	Zdánlivý elektrický výkon
Bd	Bad rate	Jednotka modulační rychlosti
ppm	Parts per million	Počet dílů na jeden milion
1ppm/°C	Hodnota se změní o 1 miliontinu na stupeň	
KB	KiloByte	Datová jednotka informace
RAM	Random Access memory	Paměť s náhodným přístupem
EEPROM	Electrically Programmable Read-Only Memory	Elektricky mazatelná paměť pouze pro čtení
LED	Light Emitting Diode	Dioda emitující světlo
LCD	Liquid Crystal Display	Displej z tekutých krystalů

II. Seznam ilustrací a seznam tabulek

Seznam ilustrací:

Obr. 1 Náhled na umístění zařízení v provozu.....	14
Obr. 2 Hydraulické schéma.....	15
Obr. 3 Původní řešení měřicí stanice – řídicí systém a ovládací panel	20
Obr. 4 Původní řešení měřicí stanice – rozvodná skříň.....	21
Obr. 5 Plnicí stanice č. 1 - MS1	26
Obr. 6 Rozmístění čidel na stroji – snímač teploty a tenzometr.....	27
Obr. 7 Řídicí systém – programovatelný logický automat S7-315 PN/DP	32
Obr. 8 Dotykový panel – KPT600	33
Obr. 9 Nové řešení měřicí stanice s dotykovým panelem	34
Obr. 10 Ovládací prvky - tlačítka.....	34
Obr. 11 Měníč pro řízení čerpadla plnění lahví.....	35
Obr. 12 Schéma zapojení měniče čerpadla plnění	36
Obr. 13 Nastavení analogové karty pro řízení měniče pomocí PLC	36
Obr. 14 Graf zobrazující regulace rychlosti čerpadla plnění.....	37
Obr. 15 Snímač teploty prostoru	39
Obr. 16 Snímač teploty vody v nádrži.....	40
Obr. 17 Schéma zapojení snímačů	41
Obr. 18 Nastavení analogové karty pro vstupní signál z čidel	41
Obr. 19 Snímač pro měření hmotnosti vody v nádrži – tenzometr	42
Obr. 20 Schéma zapojení - Wheatstonův tenzometrický můstek.....	43
Obr. 21 Zobrazení mechanického uložení tenzometru typu single point	43
Obr. 22 Připojení tenzometru k vázicímu modulu: 6-vodičové nebo 4-vodičové	44
Obr. 23 Schéma zapojení tenzometru	44
Obr. 24 Dispozice přístrojů v rozvaděčích.....	46
Obr. 25 Vnitřní vybavení rozvaděče plnicí stanice č. 1 – RM3	47
Obr. 26 Vnitřní vybavení rozvaděče plnicí stanice č. 2 – RM4	48
Obr. 27 Hardwarová konfigurace řídicího systému	53
Obr. 28 Nastavení síťového připojení - NetPro	54
Obr. 29 Nastavení síťového připojení pro HMI	54

Obr. 30 Struktura programu v PLC	55
Obr. 31 Zobrazení křížových referencí v PLC	55
Obr. 32 Zobrazení části programového kódu v jazyce SCL	56
Obr. 33 Zobrazení části programového kódu v jazyce FBD	57
Obr. 34 Zobrazení části programového kódu v jazyce STL.....	58
Obr. 35 Struktura programu v HMI	58
Obr. 36 Mapa obrazovek pro HMI.....	59
Obr. 37 Ovládací panel MS1 – rozmístění ovládacích prvků	60
Obr. 38 Ovládací panel MS1 – popis ovládání	62
Obr. 39 Zobrazení obrazovky - schéma	63
Obr. 40 Zobrazení obrazovky - databáze	63
Obr. 41 STD diagram zobrazující cyklus přípravy zařízení k provozu.....	64
Obr. 42 STD diagram zobrazující cyklus měření ocelové tlakové láhve	64
Obr. 43 Zobrazení obrazovek pro databázi	66

Seznam tabulek:

Tab. 1 Tabulka naměřených hodnot, měření pomocí etalonu	30
Tab. 2 Technické údaje frekvenčního měniče.....	38
Tab. 3 Technické údaje – snímač hmotnosti vody v nádrži	45
Tab. 4 Seznam vstupních a výstupních hodnot digitálních a analogových signálů	52

1. Úvod

Téma, kterým se zabývá tato Diplomová práce, je rekonstrukce zařízení pro stanovení vodního objemu ocelových tlakových lahví. Toto zařízení je jednou ze tří částí, které dohromady tvoří hydrostatickou zkušebnu lahví. Hydrostatická zkušebna se nachází v podniku firmy Vítkovice Cylinders a.s., který je jedním z největších světových výrobců bezešvých ocelových lahví, významný producent tlakových nádrží, vysokotlakých akumulátorů a mlecích koulí.

Práce v několika kapitolách popisuje rekonstrukci zařízení od výběru vhodného hardwaru, přes návrh řídicího systému společně s vizualizací a archivací dat do externí databáze a to vše dle požadavků zákazníka.

V první kapitole práce je popsán původní návrh řízení měřicí stanice. V dalších kapitolách je podrobně popsán návrh a realizace nového řízení, návrh nového hardwaru, programování řídicího softwaru pro PLC a HMI, tvorba vizualizace pro HMI a databázi. Poslední kapitoly jsou věnovány testování navrženého řešení a zhodnocení dosažených výsledků.

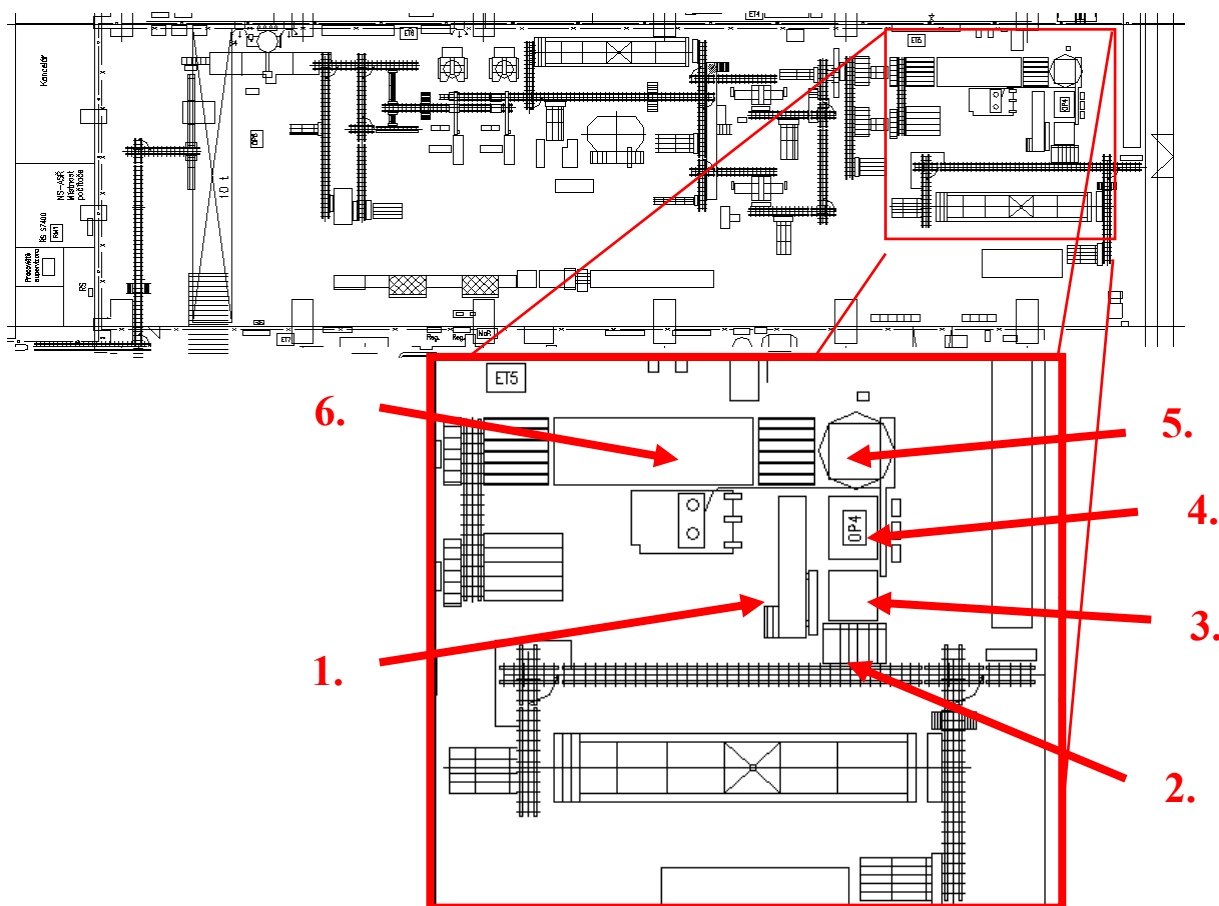
Hlavním úkolem rekonstrukce je, nahradit současné nefunkční zařízení novým tak, aby nové zařízení dosahovalo původní taktu pro láhve včetně přestávek a prostojů. Původní měřicí stanice je z hlediska provozu již zastaralá a její údržba a případné odstraňování poruch značně nákladné, jak časově, tak finančně.

2. Seznámení s technologií výroby ocelových tlakových lahví

Zařízení pro stanovení vodního objemu, jenž je součástí hydrostatické zkušebny se nachází v podniku firmy Vítkovice Cylinders a.s., která v současné době disponuje dvěma moderními výrobními technologiemi s velkým podílem automatizace a robotizace. Pro výrobu ocelových bezešvých lahví využívá metodu pomocí zpětného protlačování a výrobu lahví z trubek.

Podnik disponuje třemi provozy. Provoz 1, stará linka na výrobu ocelových tlakových lahví. Provozu 2, zde se vyrábí ocelové bezešvé tlakové láhve z trubek a také se zde vyrábí ocelové mlecí koule. Provoz 3 je nová moderní linka, ve které se vyrábí vysokotlaké ocelové láhve a nádoby na plyny. Rekonstrukce se týká zařízení, které je umístěné v provozu 1 (Obr. 1).

2.1 Náhled na umístění zařízení v provozu



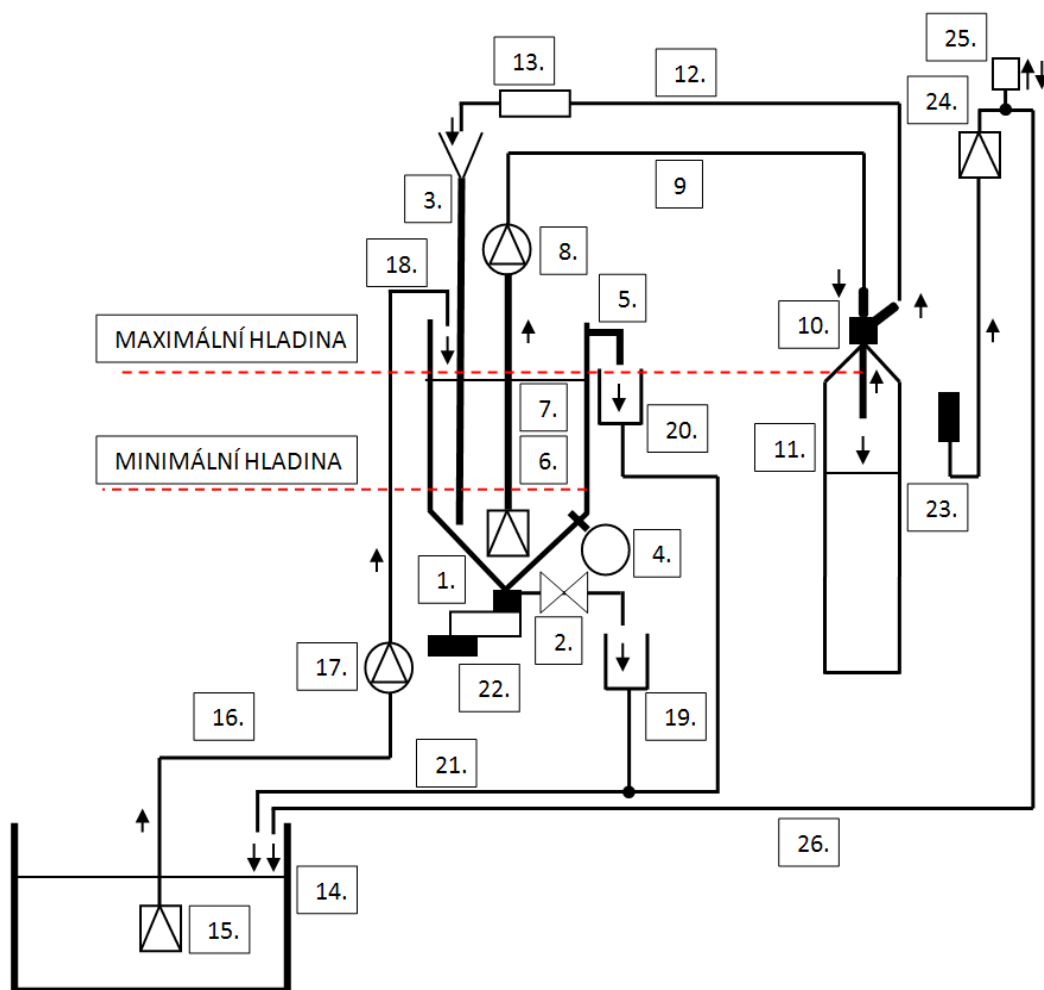
Obr. 1 Náhled na umístění zařízení v provozu

Hydrostatická zkušebna lahví

1. Zařízení pro měření vodního objemu (přibližné umístění stroje)
2. Vstupní dopravník s vyhazovačem na rošt

3. Stojan pro plnění lahví
4. Stojan pro tlakování lahví
5. Vylévací stůl
6. Sušící pec (není součástí hydrostatické zkušebny)

2.2 Hydraulické schéma



Obr. 2 Hydraulické schéma

2.2.1 Popis komponentů hydraulického schéma

Pevné součásti nádoby váhy

1. Nerezová vážicí nádoba pro měřicí rozsah 0-70 litrů
2. Vypouštěcí ruční kulový ventil 3/4"
3. Zpětné potrubí s nálevkou
4. Čidlo pro měření teploty vody - NK560
5. Přepadové potrubí

Plnicí obvod

6. Sací zpětný ventil s filtračním sítkem 5/4“
7. Sací potrubí Ø 38x3 nerezové
8. Čerpadlo plnění (1,5kW; 3x380V/50 Hz)
9. Plnicí hadice
10. Plnicí ventil
11. Měřená láhev

Odfukový obvod

12. Odfuková hadice
13. Průhledítko s dělicím bodem hladiny

Obvod doplňování váhy

14. Zásobní jímka na vodu
15. Sací zpětný ventil s filtračním stínítkem 2“
16. Sací potrubí a hadice 2“
17. Čerpadlo doplňování nádoby váhy (1,3kW; 3x380V/50 Hz)
18. Doplňovací potrubí nerezové s vyústěním

Odpadový obvod

19. Vypouštěcí jímka nerezová
20. Přepadová jímka nerezová
21. Odpad do zásobní jímky – hadice 1“

Snímač váhy

22. Tenzometr - PWS-C3/100Kg

Obvod simulace plnění

23. Rychlospojka 3/4“ obvod simulace plnění, umístěná na bočním sloupu pracoviště
24. Zpětný ventil 3/4“
25. Automatický odvzdušňovák
26. Odpadové potrubí obvodu simulace plnění 2“

Komponenty neobsažené ve schématu

27. Čidlo pro měření teploty okolního vzduchu - NS510A
28. Rozvaděč s ovládacími prvky a dotykovým panelem – MS1, MS2
29. Skříň RM3, RM4 pro umístění silových ovládacích a jisticích prvků, frekvenční měniče, řídicí systém SIMATIC S7-315 PN/DP

2.3 Detailní popis zařízení – hydrostatická zkušebna

Ocelové láhve (dále jen OL) s opracovaným hrdlem a zhotoveným závitem jsou dopravovány na pracoviště válečkovým dopravníkem. Z válečkového dopravníku je láhev vyhozena vyhazovačem na rošt. Zde se tvoří zásoba lahví. Z roštu je postupně nadávkována šestice lahví dávkovacím zařízením na plnicí stojan.

Po zaplnění plnicího stojanu dojde ke zvednutí stojanu pod úhlem 86° . Na plnicím stojanu pak dochází k měření vnitřního objemu ocelových lahví. Měřicí zařízení pro stanovení vodního objemu ocelových tlakových lahví používá pro zjištění vnitřního objemu nepřímou hmotnostní metodu. Po změření objemu jsou naplněné láhve včetně našroubovaných a utažených plnicích ventilů sklopeny do vodorovné polohy.

Na tlakovací stojan jsou v automatickém režimu láhve překuleny po ocelovém roštu. Po zaplnění tlakovacího dojde ke zvednutí stojanu do svislé polohy. Po připojení tlakovacích hadic, otevření kulových ventilů a zvednutí rámu bezpečnostního skla do ochranné polohy je provedena zkouška předepsaným zkušebním tlakem.

Zkušební tlak je nastaven v paměti procesorového panelmetru DMP01 na řídicí jednotce. Po jeho dosažení řídicí systém (dále jen ŘS) automaticky vypne čerpadlo. Na řídicí jednotce je rovněž digitální ukazatel – procesorový čítač DCP 02 pro kontrolu času. Odečet času se automaticky spustí po dosažení požadovaného tlaku. Po provedení zkoušky na požadovaný tlak dojde ke sklopení tlakovacího stojanu.

Po sklopení stojanu dochází k pomalému vyprázdnění lahví. Láhve se překulí na následující pracoviště – vylévací stůl. Během přemísťování dochází k samovolnému vytékání vody z lahví do záchytných van. Ze záchytných van je voda svedena do vodní nádrže odkud při sepnutí snímače (plovákového) hladiny je čerpadlem odváděna přes filtr a vodní nádrž s přepadem do jímky.

Po zaplnění vylévacího stolu dojde k vyklopení horního rámu o úhel 80° a láhve jsou vylévány po nastavenou dobu. Poté jsou láhve sklopeny do vodorovné polohy. V této poloze dojde k otočení vylévacího stolu směrem k sušící peci. Následně dojde k uvolnění všech pneumatických zárážek a láhve se překulí na ocelový rošt před sušící pec, ze kterého jsou láhve podavačem dákovány do pece. Po vyprázdnění lahví se vylévací stojan automaticky otočí zpět do výchozí polohy pro přísun dalších lahví.

Cílem diplomové práce je rekonstrukce první (plnicí) části hydrostatické zkoušky – doprava ani tlakovací část není součástí projektu, stejně jako mechanická část měřicí stanice.

3. Analýza stávajícího řešení měření vodního objemu ocelových tlakových lahví

3.1 Princip činnosti

Dodané měřicí zařízení – automat pro stanovení vodního objemu ocelových lahví, používá pro zjištění vnitřního objemu ocelových tlakových lahví nepřímou hmotnostní metodu (1). Automat stanovuje objem láhve odvážením hmotnostní kapaliny, kterou se tlaková láhev plní. Měřená je hmotnost kapaliny v pomocné nádrži před zahájením napouštění do láhve a po úplném naplnění láhve. Na výpočet hmotnosti kapaliny má vliv roztažnost při měřené teplotě (2), teplota je zadávána ručně nebo měřená pomocí snímače teploty PT100. Další faktory, které ovlivňují výpočet vodního objemu OL, jsou sací potrubí do pomocné nádoby ponořen (3) a konstanta vyjadřující odchylku objemu plnicího potrubí a ventilu (4).

3.1.1 Postup výpočtu objemu

m1 – hmotnost kapaliny před napouštěním do láhve	[kg]
m2 – hmotnost kapaliny po naplnění láhve	[kg]
Tv, To – teplota vody, teplota vzduchu v okolí nádrže	[°C]
beta – součinitel tepelné roztažnosti	[10 ⁻³ /K]
ro – hustota vody	[kg/l]
Kvztl – koeficient vztlaku trubek v nádobě	[-]
konst – konstanta závislá na systému	[1]
V0 – objem nekorigovaný	[l]
V1 – objem korigovaný na teplotu	[l]
V2 – objem korigovaný na vztlak trubek	[l]
V – výsledný objem nádoby	[l]

Objem nekorigovaný

$$V_0 = \frac{(M_1 - M_2)}{RO} \quad (1)$$

Objem korigovaný na teplotu

$$V_1 = V_0 * \left(1 + \left((T_v - T_o) * \left(\frac{BETA}{1000} \right) \right) \right) \quad (2)$$

Objem korigovaný na vztlak trubek

$$V2 = V1 - (V1 * Kvztl) \quad (3)$$

Výsledný objem nádoby

$$V = V2 - Konst \quad (4)$$

3.1.2 Postup výpočtu teploty

Pokud je systém přepnut na ruční nastavení teploty, je ručně nastavena teplota, která se použije při výpočtu. Při automatickém měření teploty je změřen odpor teploměru a následně vypočtena teplota. Měření je prováděno 4- vodičově, teploměr je napájen proudem 200uA.

$$t = (R - Rpt) / (Rpt * Konstanta PT) \quad (5)$$

t – zobrazovaná teplota

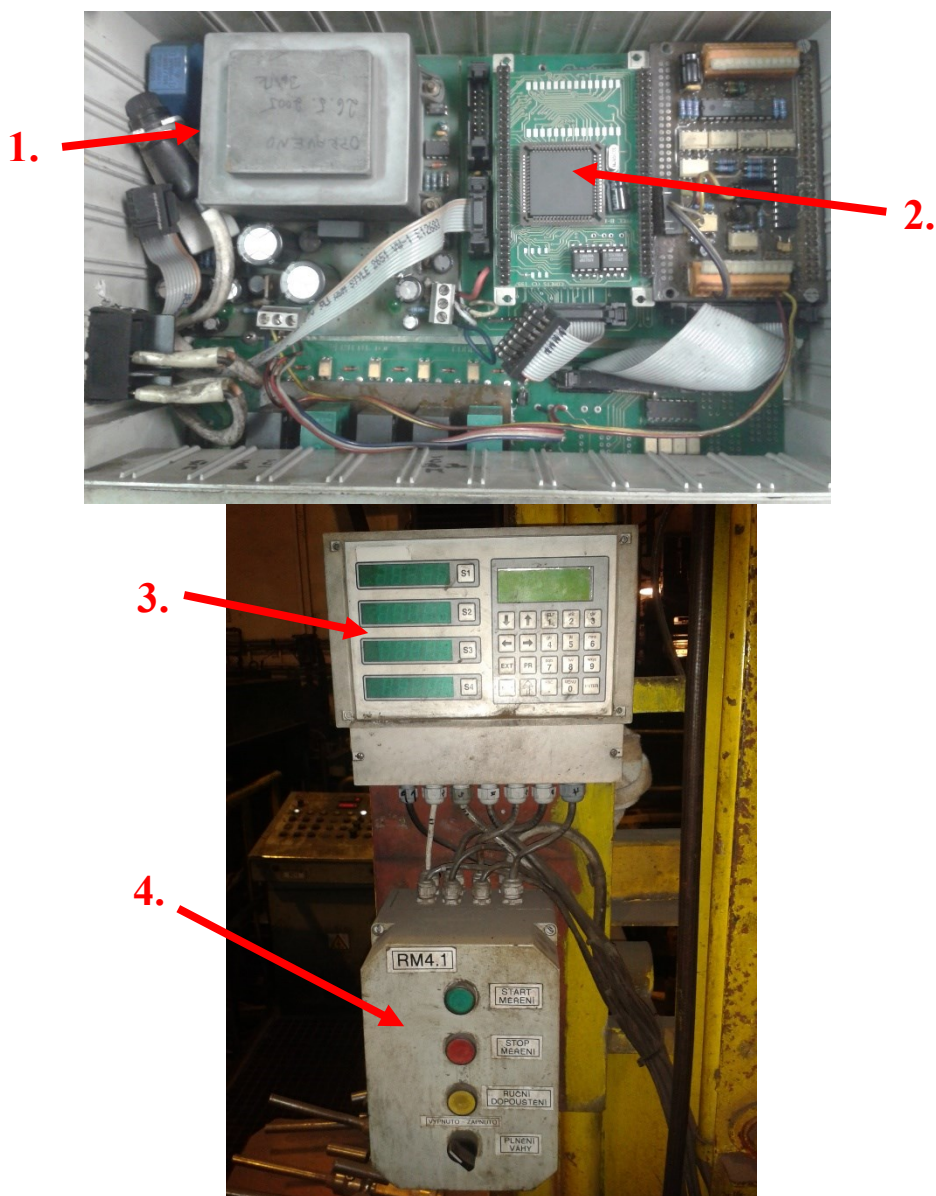
R – změřený korigovaný odpor čidla teploměru

Rpt – odpor teploměru PT při 15°C (použit PT100 => Rpt = 100ohmů)

KonstPT – tabulková konstanta

3.2 Popis zařízení – slaboproudá část

Automat obsahuje tři funkční bloky (řídící jednotku s displejem, pomocný rozvaděč s ovládací skříní a rozvaděč s frekvenčním měničem), které jsou popsány níže na obrázcích (Obr. 3).

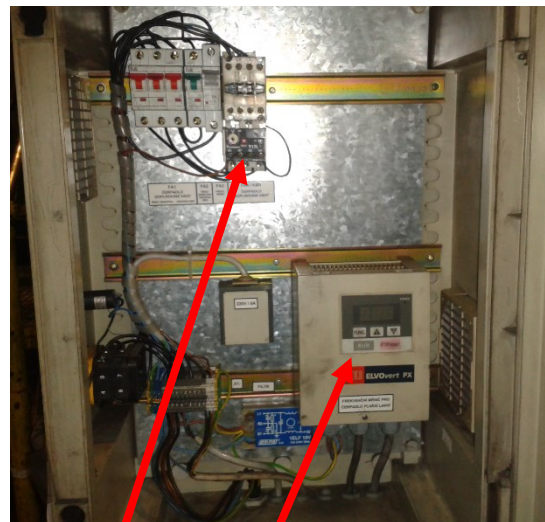


Obr. 3 Původní řešení měřicí stanice – řídící systém a ovládací panel

1. Zdrojová část
2. Procesorový modul
3. Panel pro zobrazení/zadání parametrů
4. Ovládací skříň



5.



6.

7.

Obr. 4 Původní řešení měřicí stanice – rozvodná skříň

5. Rozvaděč
6. Stykač a tepelná ochrana pro čerpadlo dopouštění vody do nádrže
7. Frekvenční měnič pro čerpadlo plnění lahvi

3.2.1 Řídicí jednotka

Obsahuje 5 funkčních bloků, které jsou spolu propojeny

- Deska zdrojů – obsahuje 3 samostatné zdroje
- Základní deska obsahuje ovládání displeje a klávesnice
- Deska relé a galvanicky oddělených vstupů
- Procesorový modul – zasunut v základní desce
- Modul komunikace – zasunut v procesorovém modulu

3.2.2 Deska zdrojů

Obsahuje filtry napájecího napětí, oddělovací transformátor a 3 pulzní zdroje. Zdroj 5V je galvanicky oddělen od zdrojů 12V (napájení relé a sirény) a 24V (popř. 12V pro napájení tlačítek). Funkčnost každého zdroje je indikována svitem LED v příslušné oblasti desky.

3.2.3 Základní deska

Obsahuje všechny potřebné obvody pro práci procesorového modulu, který je do ní zasunut a zabezpečuje řízení relé, displejem klávesnice, signalizační sirény a snímání vstupů, dále pak ovládání displejů a klávesnice. Obsahuje dále 3 čítače – časovače, které nejsou v aplikaci použity.

3.2.4 Procesorový modul

Obsahuje celý mikropočítač, postavený na bázi procesoru MOTOROLA HC11, pracuje na 16MHz, obsahuje 32KB RAM, 24KB EEPROM, obvod reálného času, obvod hlídání napětí atd. Data i program jsou uložena v paměti EEPROM, ze které se po startu nahrají do paměti RAM.

3.2.5 Modul komunikace

Zabezpečuje úpravu a galvanické oddělení signálu pro RS232 a SPI. RS232 pracuje v úrovních standardních pro proudovou linku 0-20mA, rychlost komunikace 9600Bd. SPI je sériový komunikační asynchronní port, zabezpečuje rychlost komunikace mezi procesorem a jeho periferiemi (vážní jednotkou).

3.2.6 Deska relé a galvanicky oddělených vstupů

Zabezpečuje připojení a galvanické oddělení vstupů a výstupů.

3.2.7 Displej LED

Řízený po interní SPI lince.

3.2.8 Displej LCD

Standardní LCD displej se zabudovaným řadičem 4 řádky 20 znaků a zabudovaným LED podsvětlením. Displej je mapován přímo do adresového prostoru procesoru.

3.2.9 Vážní jednotka – přesný AD převodník

Postaven na IO výrobce Analog Device AD7710. Jsou to 24 bitové převodníky na principu sigma-delta modulace zabezpečující vysokou přesnost a opakovatelnost převodu. AD převodník snímá napětí z tenzometru váhy a z PT100. Vážní jednotka pro zvýšení přesnosti provádí korekci na teplotu – teplota je měřená čidlem na napěťové referenci převodníku. Komunikace s nadřazenou – řídicí jednotkou probíhá pomocí SPI konektoru.

3.3 Technické parametry původního zařízení

3.3.1 Řídicí jednotka

Napájení	230V \pm 10%
Příkon	max. 30VA
Zatížení relé	max. 3A/I~, max. 1A/I-
Vstupy	opticky odděleny, 24V přes 12K rezistor napájené
Materiál krabice	ABS
Krytí	IP54

3.3.2 Vážní jednotka – AD převodník typ COMETS 7710/7711

Napájení	+15V \pm 10%
Příkon	1W + napájení tenzometru
Nelinearita	max. 0,005%
Teplotní koeficient	typ. 2ppm/°C
Napájení tenzometru	10V \pm 5%
Napájení PT100	200uA \pm 10%
Pouzdro	MODULBOX 6M, na DIN35
Materiál	ABS
Krytí	IP20

3.3.3 Zdroj k vážicí jednotce

Napájení	230V \pm 10%
Výstupní napětí	+15V \pm 3%
Výstupní proud	max. 200mA
Pouzdro	MODULBOX 4M, na DIN35
Krytí	IP20

4. Požadavky zadavatele na rekonstrukci zařízení

Hlavním důvodem pro rekonstrukci zařízení pro stanovení vodního objemu ocelových tlakových lahví je, že současný stav tohoto zařízení je nevyhovující z hlediska provozu a údržby. Zařízení po rekonstrukci musí dosahovat původní taktu linky pro láhve D229/50L při 12 hodinové směně včetně přestávek, prostojů 7% z výrobního času a prvotní kalibrace všech měřidel, s maximální chybou $\pm 0,25\%$ z celkového měřeného objemu (např.: $V=10,38\pm 0,25$ litru). Pro rekonstrukci zařízení jsou zadány tyto požadavky.

1. Dodání nových řídících, ovládacích a měřicích prvků
 - HW Simatic S7 315
 - 2 ks ovládacích panelů
 - 2 ks měřicích vah a kabeláže
 - 1 ks vyzbrojený rozvaděč
 - Projekt, revize, SW, montáž a oživení
 - 2 ks komplexní dokumentace v písemné formě a 1 ks CD s kompletní dokumentací v digitální podobě
2. Naměřené hodnoty a data musí být archivovány v elektronické podobě s těmito údaji:
 - Datum a čas plnění
 - Jméno a znak operátora
 - Krycí znak (tavba/skupina)
 - Číslo OL - plněné láhve (operátor zadává krycí znak např. AB/1 číslo OL vyhodnocuje PLC)
 - Průměr láhve
 - Číslo poslední OL v kampani
 - Stěna – tloušťka stěny OL
 - Skutečný vodní objem naplněné OL

Zařízení musí být připraveno pro automatický přenos naměřených dat do značícího zařízení - číslovačku.

5. Návrh nové koncepce měřicího systému

Podklady pro vypracování této dokumentace:

- Místní šetření
- Konzultace s odpovědnými pracovníky VÍTKOVICE CYLINDERS a.s., VÍTKOVICE MECHANIKA a.s.

Návrh nové koncepce spočívá ve výměně původního řídicího systému a ovládacích panelů za nové. Dodání nového počítače pro archivaci dat a dále pak dodání nových měřicích, ovládacích a řídicích prvků včetně vyzbrojení rozvaděčů a natažení kabeláže.

Při realizaci zadání byla práce rozdělena na několik částí:

- návrh nového hardware, vytvoření elektro dokumentace
- programování software (program, HMI, databáze)
- demontáž stávajícího zařízení
- montáž nového zařízení – strojní část (není součástí projektu)
- vyzbrojení nového rozvaděče
- osazení stroje novými prvky – elektro
- oživení, revize

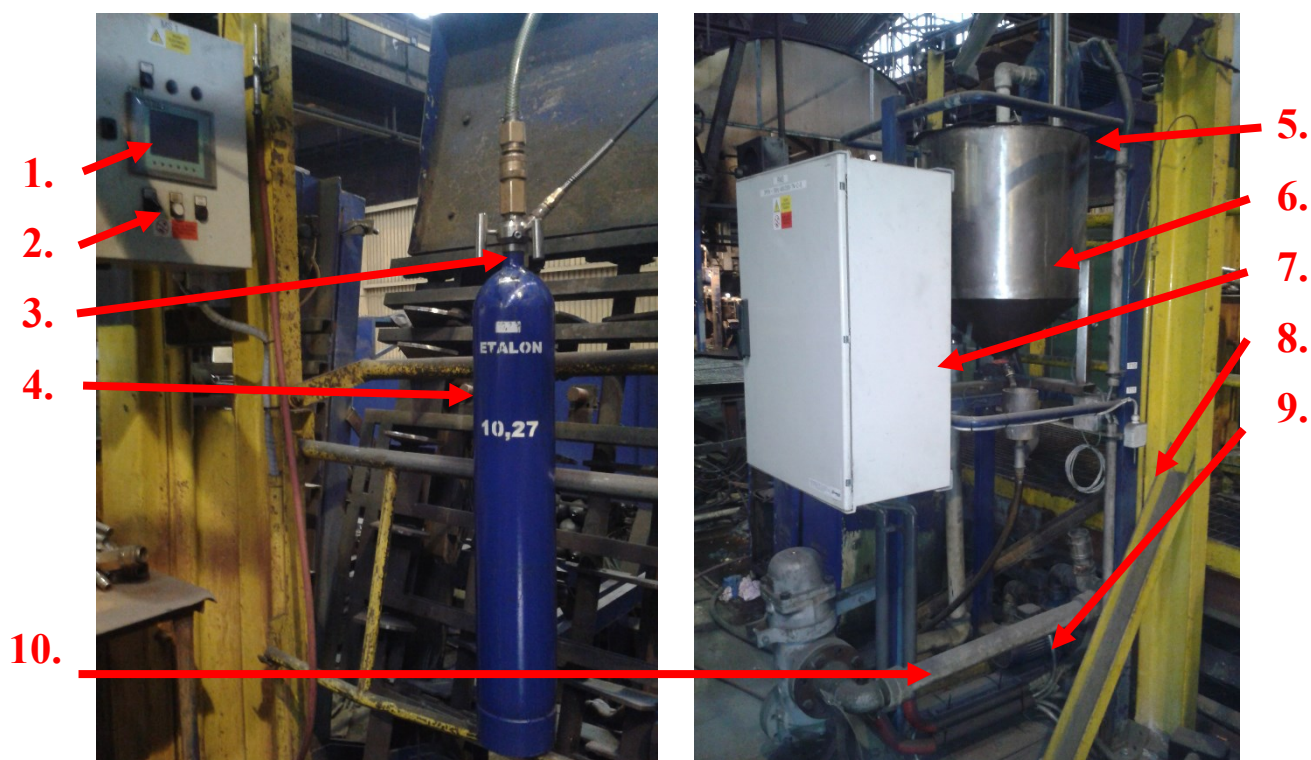
Na začátku celé práce byla vytvořena elektro dokumentace, kterou realizoval elektro konstruktér firmy VITKOVICE MECHANIKA a.s. na základě původní dokumentace měřicí stanice s rozdílem v tom, že nová elektro dokumentace již vyhovuje novým normám [17]. Seznam všech použitých prvků je popsán v Příloze II – Specifikace materiálu [16].

5.1 Popis zařízení

Měřicí zařízení se skládá ze dvou samostatných stanic. Každá stanice je vybavena dotykovým panelem SIEMENS KPT600 a tlačítka (volba pozice OL, Start/Stop, Volba plnění/proplach) pro ovládání. Dále zařízení obsahuje nerezovou vážicí nádobu (0-70litru), čerpadlo napouštění nádrže, čerpadlo plnění OL, teploměry pro měření teploty vody a vzduchu a další komponenty pro fyzické propojení zařízení (ventily, spojky, potrubí atd.). Na obrázku (Obr. 5) je zobrazen pohled na měřicí stanici číslo jedna MS1, která se skládá ze dvou částí – první částí je ovládací pult, druhou částí je elektro rozvaděč s nádrží, čerpadly a snímači.

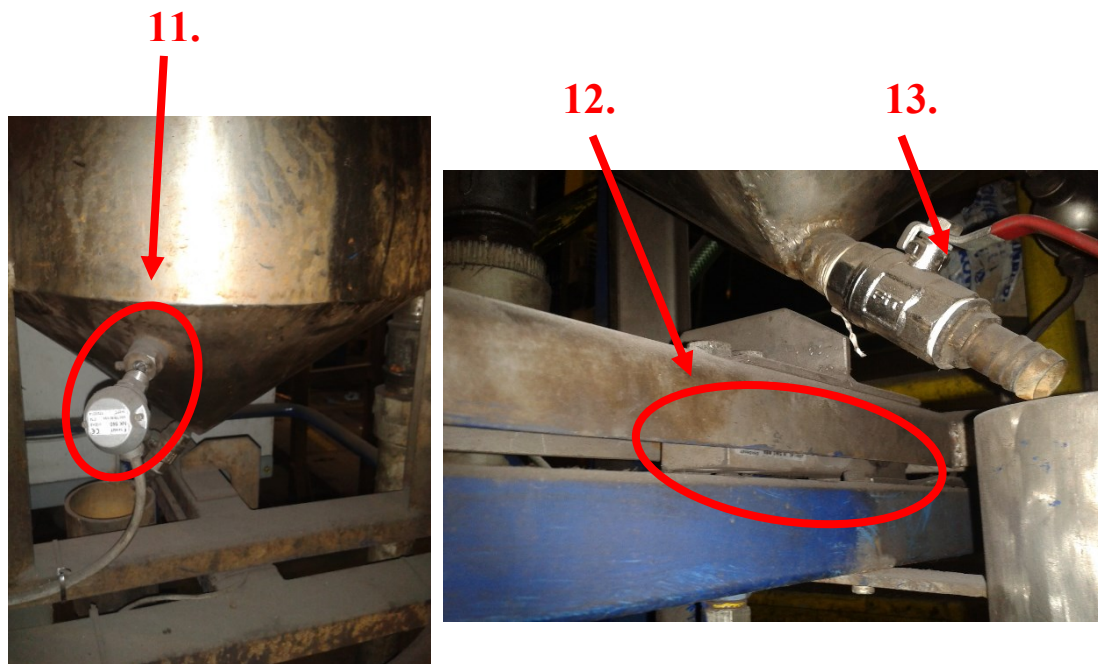
1. Ovládací tlačítka na ovládacím pultu
2. Dotykový panel
3. Napouštění ventil
4. Měřená láhev (na obrázku zkušební lahev ETALON 10,27 litrů)
5. Čerpadlo pro plnění lahvi

6. Nerezová vážicí nádoba
7. Rozvaděč RM3
8. Snímač teploty okolního vzduchu NS510A
9. Čerpadlo pro dopouštění nádrže
10. Potrubí pro rozvod vody
11. Snímač teploty vody v nádrži NK560
12. Snímač hmotnosti nádrže – tenzometr PWS-C3
13. Odtokový ventil pro vypuštění nádrže



Obr. 5 Plnicí stanice č. 1 - MS1

Na obrázcích dále (Obr. 6) je zobrazen detailní náhled na snímač teploty a snímač hmotnosti nádrže – tenzometr. Snímač teploty vody nádrže je zapuštěn do nádrže, tím je zajištěn dostatečný styk se snímanou látkou – vodou. Snímač hmotnosti nádrže je umístěn ve spodní části nádrže, jak ukazuje obrázek. Snímač, odporový tenzometr využívá principu jednobodového měření (SINGLE-POINT – tento princip měření je popsán podrobněji v dalších kapitolách).



Obr. 6 Rozmístění čidel na stroji – snímač teploty a tenzometr

5.2 Princip stanovení vodního objemu

Měřicí zařízení pro stanovení vodního objemu ocelových tlakových lahví používá pro zjištění vnitřního objemu OL nepřímou hmotnostní metodu. Automat stanovuje objem OL odvážením hmotnosti kapaliny, kterou se tlaková láhev naplní. Následným matematickým přepočtem hmotnosti kapaliny se zohledněním roztažnosti při skutečné měřené teplotě (6) je stanoven skutečný objem OL. Měřená je hmotnost kapaliny v pomocné nádrži – ve váze před zahájením napouštění do láhve a po úplném naplnění OL (7). Při výpočtu objemu je do zřetele brána roztažnost kapaliny (teplota měřená pomocí elektrického teploměru SENSIT NS560), teplota okolního vzduchu (8), objemová hmotnost kapaliny, vztlak těles které jsou do pomocné nádoby váhy ponořeny (9) a ovlivňující výsledek měření (sací potrubí) a konstanta vyjadřující odchylku objemu plnicího ventilu (10).

5.2.1 Výpočet objemu

M1 – hmotnost kapaliny před napouštěním do láhve	[kg]
M2 – hmotnost kapaliny po naplnění láhve	[kg]
Tv – teplota vody v nádrži	[°C]
To – teplota vzduchu v okolí	[°C]
RO – hustota vody	[kg/l]
BETA – součinitel tepelné roztažnosti	[10 ⁻³ /K]
Kvztl – koeficient vztlaku trubek v nádobě	[-]

Konst – konstanta závislá na systému	[1]
V0 – objem nekorigovaný	[1]
V1 – objem korigovaný na teplotu	[1]
V2 – objem korigovaný na vztlak trubek	[1]
V – výsledný objem nádoby	[1]

Postup výpočtu objemu:

Hustota vody v závislosti na okolní teplotě

$$RO = \frac{(999,9 + (To * 0,0256) - (To^2 * 0,0056) - (To^4 * 0,0000001))}{1000} \quad (6)$$

$$BETA = 0,18$$

$$Kvztl = 0,00576$$

$$Konst = 0,04$$

Objem nekorigovaný (7)

$$V0 = \frac{(M1 - M2)}{RO}$$

Objem korigovaný na teplotu

$$V1 = V0 * \left(1 + \left((Tv - To) * \left(\frac{BETA}{1000} \right) \right) \right) \quad (8)$$

Objem korigovaný na vztlak trubek

$$V2 = V1 - (V1 * Kvztl) \quad (9)$$

Výsledný objem nádoby

$$V = V2 - Kons \quad (10)$$

5.3 Posouzení přesnosti měření pomocí etalonu

Podmínky pro výsledné srovnání:

- maximální přípustná chyba $\pm 0,25\%$ z celkového měřeného objemu
- při měření desetilitrového etalonu $V=10,27\pm 0,025$ litru

v – naměřené hodnoty [1]

i – číslo měření [-]

n – počet měření [-]

v' – aritmetický průměr [1]

Δv – průměrná odchylka měření [1]

δV – relativní odchylka měření [1]

Aritmetický průměr

$$v' = \sum_{i=1}^n vi \Rightarrow v' = \frac{v1 + v2 + \dots + vn}{n} \quad (11)$$

Přesnost měření:

$$\Delta V1 = v' - v1; \Delta V2 = v' - v2 \dots \quad (12)$$

Průměrná odchylka měření:

$$\Delta V = \frac{|v' - v1| + |v' - v2| + \dots + |v' - vn|}{n} \quad (13)$$

Relativní odchylka:

$$\delta V = \frac{\Delta V}{v'} * 100\% \quad (14)$$

5.3.1 Závěr měření

Cílem měření bylo posouzení přesnosti měření zařízení pro stanovení vodního objemu ocelové tlakové láhve měřené pomocí etalon o objemu $V=10,27\pm0,025$ litru.

Číslo měření i	v_i [litr]	v' [litr]	$\Delta v = v' - v_i$ [litr]	ΔV [litr]
1	10,272	10,28	0,0096	0,01528
2	10,261		0,0206	
3	10,259		0,0226	
4	10,291		-0,0094	
5	10,301		-0,0194	
6	10,295		-0,0134	
7	10,282		-0,0004	
8	10,287		-0,0054	
9	10,258		0,0236	
10	10,31		-0,0284	

Tab. 1 Tabulka naměřených hodnot, měření pomocí etalonu

Výsledky měření:

Průměrná odchylka měření:

$$\Delta V = 0,015$$

Relativní odchylka:

$$\delta V = 0,14\%$$

Průměrný objem změřeného etalonu je:

$$V = 10,281 \pm 0,015 \text{ litru}$$

6. Realizace měřicí a řídicí aplikace

6.1 Návrh hardwaru

Pro realizaci nového řešení bylo potřeba vybavit zařízení novým řídicím systémem (programovatelný logický automat dále jen PLC), novými ovládacími prvky (tlačítka, přepínače, ovládací panely - OP), snímači (snímače teploty, tenzometry) a řídicími prvky (relé, stykače, měniče). Při výběru nových prvků bylo nutné brát v ohledu prostředí, ve kterém budou tyto prvky použity a také zohlednit použitý řídicí systém z hlediska napájení.

Požadavky na řídicí systém

- dostatečný počet vstupů/výstupů (binární, analogové)
- připojení vážicího systému (tenzometrů)
- propojení s HMI (OP)
- propojení s databází (ukládání dat)
- nejdůležitějším požadavkem bylo použití řídicího systému od firmy SIEMENS (Simatic S7 315)
- cena

Požadavky na HMI

- jednoduché a intuitivní ovládání
- zobrazení provozních stavů a hodnot
- kompatibilita s řídicím systémem
- cena

Požadavky na snímače, ovládací a řídicí prvky

- snadná údržba
- životnost
- nízké provozní náklady
- cena

6.1.1 Řídicí systém

Pro výběr řídicího systému byly v požadavcích na rekonstrukci zadány přesné podmínky. Hlavní podmínkou bylo, že řídicí systém musí být dodán od výrobce Siemens, přesněji tedy řada SIMATIC S7 – 315. Podle požadavků zákazníka a domluvy s projektantem a technologi byl vybrán řídicí systém SIMATIC S7-315 PN/DP. Tento programovatelný automat byl doplněn o digitální a analogové karty (SM321,322 a SM331,332) a vážicí modul SIWAREX pro připojení tenzometrů [15].

Komunikace mezi řídicím systémem a ovládacími panely na jednotlivých pracovištích a databází je řešena pomocí Ethernetu. Pro fyzické propojení je použit kabel UTP a konektory RJ45, pro

komunikaci protokol TCP/IP. Každé zařízení - pracoviště má přidělenou IP adresu, pomocí které se připojuje k síti a tím umožňuje komunikaci mezi operátorem a řídicím systémem.

Archivace dat je realizována na externím počítači, který je umístěn v kanceláři mistrů provozu. Pro archivaci dat byl použit software CONTROL WEB od firmy Moravské přístroje. Řídicí systém je propojen s databází přes OPC server, komunikace zde probíhá formou server-klient.

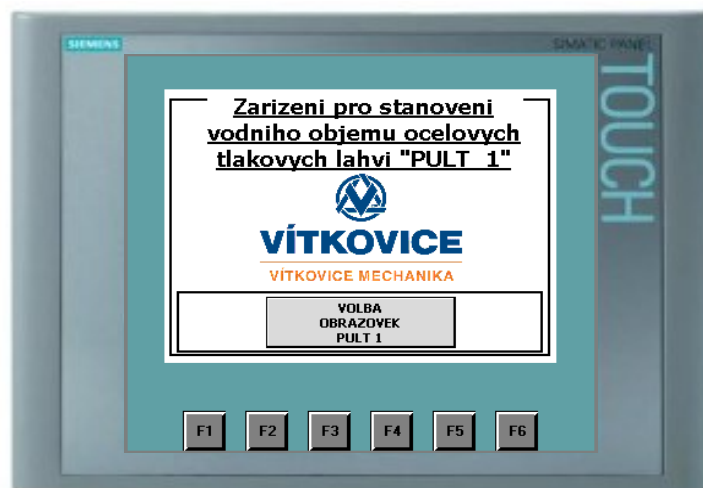
Na obrázku (Obr. 7) je zobrazen pohled na PLC SIMATIC S7-300, který je namontován v rozvaděči. V levé části obrázku je umístěn zdroj SITOP PSU100S pro napájení PLC. Vedle zdroje se nachází CPU, karta SIWAREX, analogové vstupní/výstupní karty a digitální vstupní/výstupní karty (AI/AO, DI/DO) [1].



Obr. 7 Řídicí systém – programovatelný logický automat S7-315 PN/DP

6.1.2 Ovládací panely

Stávající zařízení bylo vybaveno jednoduchými ovládacími prvky a 4 řádkovými displeji pro zobrazení provozních stavů a hodnot. Návrh nového ovládání pracoviště počítá s použitím dotykových panelů, které zajistí snadné ovládání a obsluhu poskytne dostatečný náhled na aktuální stav zařízení. Při výběru ovládacích panelů (dále jen OP) byla potřeba zajistit kompatibilitu OP a PLC. Siemens jako dodavatel velkého množství komponent pro automatizační techniku vyrábí a také dodává velké množství ovládacích panelů, které splňují ty nejnáročnější podmínky pro použití v průmyslu. Na základě komunikace se zákazníkem byl vybrán dotykový panel Siemens KPT600 Basic Color PN (Obr. 8). Pro tvorbu vizualizace nabízí firma Siemens software WinCC-Flexible.



Obr. 8 Dotykový panel – KPT600

Popis - Simatic Basic panely lze použít přímo v provozu pro monitorování jednoduchých strojů a zařízení. Tyto panely jsou používány v různých průmyslových odvětvích a aplikacích, jako například v oblasti výroby, procesů a automatizaci budov. Vzhledem k tomu, že stupeň krytí z čelního pohledu je IP65 a ze zadního pohledu IP20, jsou tyto panely ideální pro montáž do rozvodných skříní.

Hlavní přednosti:

- Ideální jednoduché a intuitivní ovládání
- Displej 5.7 "/13.96 cm TFT-Touch displej s 256 barvami
- Volně konfigurovatelné klávesy s hmatovou zpětnou vazbou HMI základní funkce (systémové alarmy, řízení recepty, trendy a přepínání jazyků) až 128 proměnných
- Připojení na standardní Ethernet/Profinet Flexibilní škálovatelnost v rámci rodiny HMI přes konfigurace s SIMATIC WinCC
- Atraktivní průmyslový design SIMATIC HMI

Na obrázku (Obr. 9) je zobrazen pohled na měřicí stanoviště číslo jedna (označeno MS1). Dotykový panel je umístěn tak, aby obsluze zajistil dostatečný pohled na aktuální stav zařízení, tedy uprostřed rozvodné skříně zhruba ve výšce očí. Kolem panelu jsou dále umístěny ovládací prvky.



Obr. 9 Nové řešení měřicí stanice s dotykovým panelem

6.1.3 Ovládací a řídicí prvky

Zařízení pro měření vodního objemu se skládá ze dvou samostatných stanic. Každá stanice je vybavena dotykovým panelem, tlačítky a přepínačem pro ovládání zařízení. Stanice se nacházejí hned vedle měřených lahví a jsou tedy neustále v blízkosti stříkající vody. Nejdůležitějším aspektem při výběru ovládacích prvků byla životnost a cena. Tlačítka a přepínače byly vybrány od firmy Schneider Electric – řady Harmony (Obr. 10). Tento typ ovládacích prvků je v současné době v provozu nejčastěji používán, vzhledem k jeho snadné údržbě a dlouhé životnosti.



Obr. 10 Ovládací prvky - tlačítka

Každá stanice je dále vybavena dvěma čerpadly, čerpadlo pro dopouštění vody do nádrže a čerpadlo pro plnění vody do ocelové láhve. Čerpadlo pro dopouštění vody do nádrže je ovládáno stykačem a jištěno motorovým spouštěčem. Zapínání a vypínání čerpadla je ovládáno pomocí relé (viz. elektro dokumentace [17]). Čerpadlo pro plnění ocelových lahví je řízeno z měniče a jištěno 3fázovým jističem (viz. elektro dokumentace [17]). Zapínání, změna rychlosti a vypínání čerpadla je řízeno řídicím systémem a podrobněji popsáno v části – Regulace rychlosti čerpadla plnění.

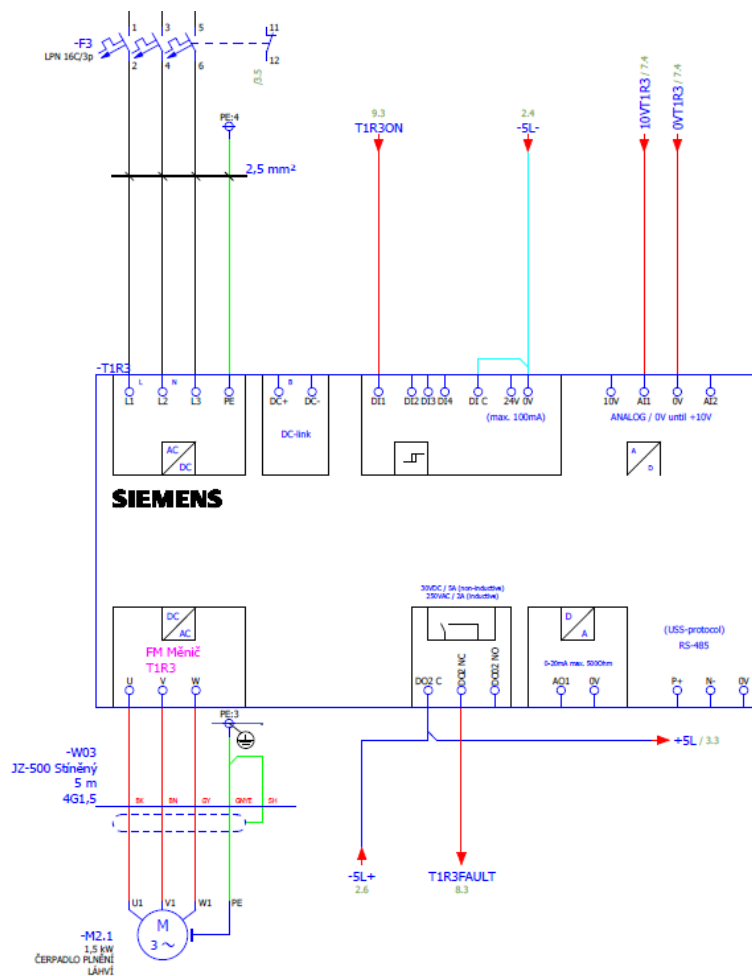
Ovládání čerpadla plnění

Měnič pro řízení čerpadla plnění je dodán od firmy Siemens typ SINAMICS V20. Tento měnič nabízí jednoduché a cenově dostupné řešení, které lze přizpůsobit konkrétní aplikaci nebo požadavkům zákazníka. SINAMICS V20 má kompaktní design a jeho variabilita vychází z bohatého vybavení volitelným příslušenstvím jako je externí panel na dveře rozvaděče, čtečka karet pro klonování, tlumivky, filtry a další.

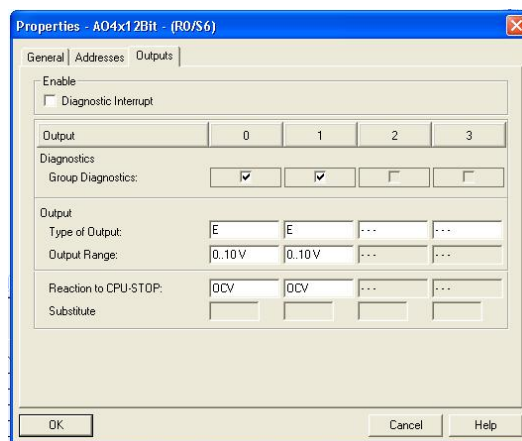
Pro řízení čerpadla je použit měnič o výkonu 2,2kW, který je zobrazen na obrázku (Obr. 11). Schéma zapojení měniče je zobrazeno na obrázku níže. Vstupní/výstupní napětí měniče je 380VAC, ovládací napětí pro zapnutí a signalizaci poruchy 24VDC. Měnič je řízen pomocí výstupní analogové karty PLC napětím 0-10V. Nastavení této karty je zobrazeno na obrázku (Obr. 13).



Obr. 11 Měnič pro řízení čerpadla plnění lahví



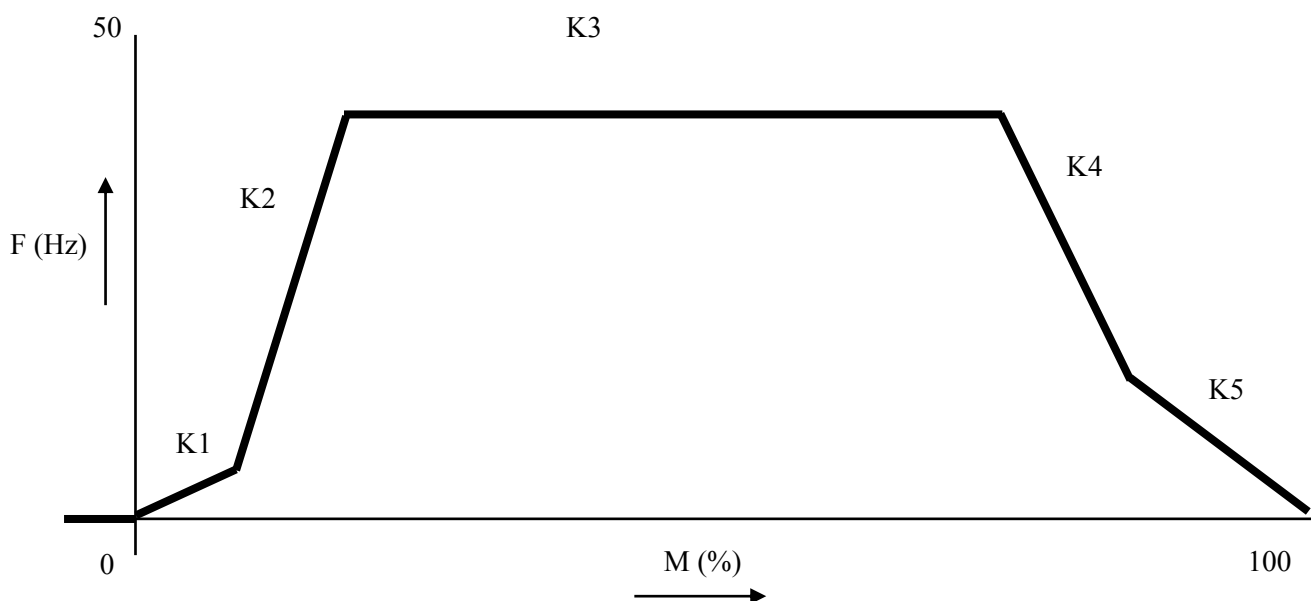
Obr. 12 Schéma zapojení měniče čerpadla plnění



Obr. 13 Nastavení analogové karty pro řízení měniče pomocí PLC

Pro maximální rychlost a optimální naplnění láhve je potřeba dobře rozvrhnout rychlost plnění láhve. Ze začátku může být láhev plněná maximální rychlostí, zatím co ke konci plnění, kdy je láhev téměř plná, je nutno snížit na minimum, aby voda nepěnila a aby byla láhev dokonale odvzdušněna. Je vhodné rychlost snižovat postupně vzhledem ke snížení rázu v potrubí a postupnému uklidnění kapaliny v láhvi (Obr. 14).

Regulace rychlosti čerpadla plnění



Obr. 14 Graf zobrazující regulace rychlosti čerpadla plnění

M – množství napuštěné vody (%)

F – nastavená frekvence pro čerpadlo plnění (Hz)

Regulace rychlosti je prováděna následovně:

Systém měří množství kapaliny v láhvi a srovnává ho s vypočtenými údaji („K1-K5“). Pokud množství kapaliny překročí vypočtenou hodnotu, je automaticky nastavena rychlost pro další hodnotu. Jestliže je plnění v pořádku (hladina vody v nádrži se ustálí v požadované toleranci 0,25% nastaveného objemu) systém ukončí plnění a zapíše výsledný objem do parametru „Objem OL“. V opačném případě (např. únikem kapaliny mimo láhev, prasklá hadice apod.) systém vyhodnotí poruchu a ukončí plnění, do parametru „Objem OL“ zapíše hodnotu „0“.

Výpočet pro plnění:

Nastavená hodnota parametru „Objem OL“/100 = procentuální hodnota „M“.

$$M * 10 = K1 \quad M * 30 = K2 \quad M * 50 = K3 \quad M * 70 = K4 \quad M * 90 = K5$$

Technické údaje měniče SINAMICS V20:

	Třířázové AC 400 V měniče	Jednofázové AC 230 V měniče
Charakteristiky síťového napětí		
Napěťový rozsah	380 V až 480 V AC (tolerance: -15 % až +10 %) 47 Hz až 63 Hz Snižování proudu vzniká při vstupních napětích / spínacích frekvencích vyšších než 400 V / 4kHz. *	200 V až 240 V AC (tolerance: -10 % až +10 %) 47 Hz až 63 Hz Snižování proudu vzniká při vstupních napětích / spínacích frekvencích vyšších než 230 V / 8kHz. *
Kategorie přepětí	EN 60664-1 Kategorie III	
Povolená konfigurace zdrojového napětí	TN, TT, IT **, TT uzemněná linka	TN, TT
Napájecí prostředí	Druhé prostředí (soukromá elektrická síť) *	
Okolnostní podmínky		
Teplota okolního vzduchu	0 °C to 40 °C: bez snižování 40 °C to 60 °C: se snižováním *	
Skladovací teplota	- 40 °C to + 70 °C	
Ochranná třída	IP 20	
Maximální vlhkost	95% (nekondenzující)	
Nárazy a vibrace	Dlouhodobé skladování v přepravním balení podle EN 60721-3-1 Třída 1M2	
	Přeprava v přepravním balení podle EN 60721-3-2 Třída 2M3	
	Vibrace během provozu podle EN 60721-3-3 Třída 3M2	
Provozní výška	Do 4000 m nad mořem 1000 m to 4000 m: snižování výstupního proudu * 2000 m to 4000 m: snižování vstupního napětí *	
Environmentální třídy	Třída znečištění: 3S2 Třída plynu: 3C2 (SO ₂ , H ₂ S) Třída klimatu: 3K3	

* Více v dokumentaci na: <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/67267484>

** Pouze měnič bez odrušovacích filtrů může pracovat na IT napájecím systému!

Tab. 2 Technické údaje frekvenčního měniče [14]

6.1.4 Výběr nových snímačů

Jednotlivé snímače jsou vybrány tak, aby splňovaly podmínky, které byly zadány v požadavcích na rekonstrukci. Hlavním kritériem je cena snímačů, dalšími kritérii jsou údržba a životnost. Při výběru snímačů je nutné zohlednit prostředí, ve kterém budou snímače používány. Stávající zařízení se nachází na hale výrobní linky, je umístěno v prašném a částečně agresivním prostředí, snímače se mohou také dostat do styku s vodou.

Snímače pro měření teploty vzduchu a vody

Zařízení používá pro měření vodu z místního zdroje, teplota vody je $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Teplota v okolí zařízení byla měřena v rozsahu 10°C až 30°C v závislosti na venkovní teplotě. Snímače pro měření teploty budou pracovat v prašném a agresivním prostředí. Ze zkušenosti z několikaleté praxe v údržbě zařízení na provozu této výrobní linky byly vybrány snímače, které se nejčastěji používají a splňují všechny podmínky.

Pro měření teploty okolního vzduchu byl vybrán teploměr NS 510A (Obr. 15) s čidlem PT1000.



Obr. 15 Snímač teploty prostoru [11]

Základní technická data – snímač teploty prostoru (NS 510A) [11]

Popis a použití- odporový snímač teploty NS510A je určen pro kontaktní měření teploty plyných látek ve venkovních nebo průmyslových prostorech. Plastová hlavice je opatřena kabelovou průchodkou (v hlavici je umístěna svorkovnice) nebo konektorem. Standardní teplotní rozsah použití snímačů je -30 až 100°C . Snímače je možné použít pro všechny řídicí systémy, které jsou kompatibilní s typy čidel nebo výstupními signály uvedenými v tabulce technických parametrů. Snímače jsou určeny pro provoz v neagresivním prostředí. Snímač je chráněn proti prachu vodě stupněm krytí IP 65.

Pro měření teploty vody byl vybrán teploměr NK560 (Obr. 16), který opět obsahuje čidlo PT1000. Na rozdíl od předchozího termočlánu je tento snímač v kovovém provedení a je konstrukčně lépe přizpůsoben pro měření kapalných látek.



Obr. 16 Snímač teploty vody v nádrži [12]

Základní technická data – snímač teploty vody (NK 560) [12]

Popis a použití - tento odporový snímač teploty je určen pro kontaktní měření teploty kapalných nebo plyných látek. Konstrukce stonku snímače umožňuje použití snímače pro přímé měření teploty v potrubích a zároveň zajišťuje rychlou odezvu snímače na změnu teploty. Standardní teplotní rozsah použití snímačů je -30 až 130 °C. Snímače je možné použít pro všechny řídicí systémy, které jsou kompatibilní s typy čidel nebo výstupními signály uvedenými v tabulce technických parametrů. Snímače jsou určeny pro provoz v neagresivním prostředí. Snímač je chráněn stupněm krytí IP 54.

Princip měření teploty

Pro měření teploty jsou termočlánu vybaveny čidlem PT1000. Pro měření využívá termočlánu principu termoelektrického jevu. Snímač se skládá ze dvou kovů zapojených do série se dvěma spoji. Mají-li spoje navzájem různou teplotu, vzniká na každém ze spojů odlišný elektrický potenciál, který je zdrojem proudu. Termočlánek může být případně používán také jako spolehlivý zdroj elektrického proudu, ale jeho energetická účinnost a výkon jsou malé.

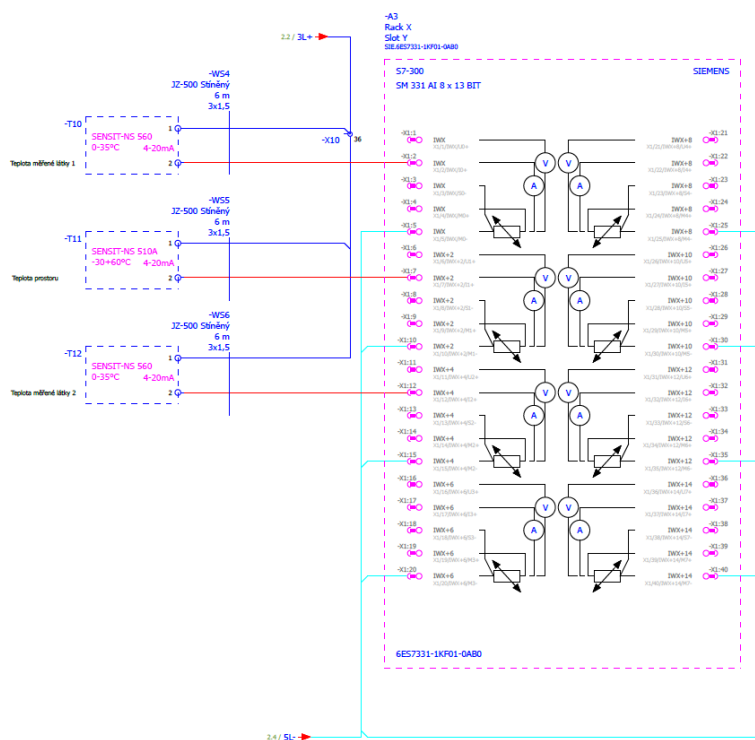
Čidlo PT1000:

Teplotní rozsah:	-50 až 400 °C
Odpor při 0 °C:	1000 Ω
Doporučený měřicí proud:	0,3 mA
Maximální měřicí proud:	2 mA

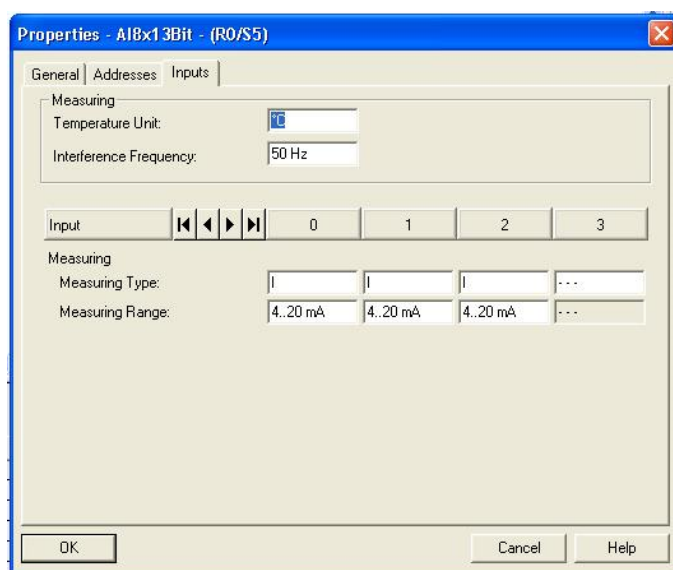
Připojení snímačů teploty k řídicímu systému

Každý termočlánek je připojen samostatně pomocí stíněného kabelu (JZ-500, 3x1,5). Na obrázku (Obr. 17) je vidět připojení termočláneků na vstup analogové karty řídicího systému Simatic S7-300. Výstupní signál termočláneků je 4-20mA.

Na dalším obrázku (Obr. 18) je zobrazeno nastavení analogové karty pro zpracování signálu z termočláneků.



Obr. 17 Schéma zapojení snímačů



Obr. 18 Nastavení analogové karty pro vstupní signál z čidel

Snímač pro měření hmotnosti nádrže - tenzometr

Měřicí stanice používá pro měření objemu lahve nepřímou hmotnostní metodu. Voda, kterou se ocelová lahev plní je nejdříve napuštěna do nerezové nádoby a poté až do lahve. Nerezová vázící nádoba má objem 70 litrů, váha samotné nádrže je cca 20kg.

Mechanická oprava zařízení se týká pouze výměny čerpadel včetně filtrace a potrubních rozvodů. Stojany a samostatné nádrže zůstanou v původním stavu a dojde pouze k vyztužení a zpevnění. Na základě těchto informací byl zvolen stejný typ tenzometru pro měření hmotnosti nádrže jako v původním projektu (Obr. 19). Tento tenzometr splňuje všechny podmínky a navíc není potřeba dále upravovat mechanické uchycení tenzometru k nádrži a rámu. Tímto krokem je zajištěno zkrácení doby opravy mechanických částí.



Obr. 19 Snímač pro měření hmotnosti vody v nádrži – tenzometr [13]

Základní technická data – tenzometr (1-PWS-C3/100K) [13]

Popis a použití – snímač, odporový tenzometr využívá principu jednobodového měření (SINGLE-POINT). Snímač je určen k měření zatížení kolmého k rovině upevňovacích ploch snímače. Je vyroben z nerezavějící oceli a je vhodný pro měření v náročných podmínkách. Měřená síla nebo hmotnost může být svým charakterem statická nebo dynamická a výsledkem měření může být buď absolutní hodnota, nebo pouze její změny. Snímač musí být připevněn tak, aby výstupní kabel byl na straně snímače montovaný k nepohyblivé části váhy. Při obrácené montáži by tuhost kabelu ovlivňovala měřené zatížení. Správně připojený snímač vykazuje při zatížení kladnou výchylku měřeného zatížení. Nezatěžujeme snímač v obráceném směru, může to vést k chybám měření, k poškození snímače nebo upevňovacích šroubů.

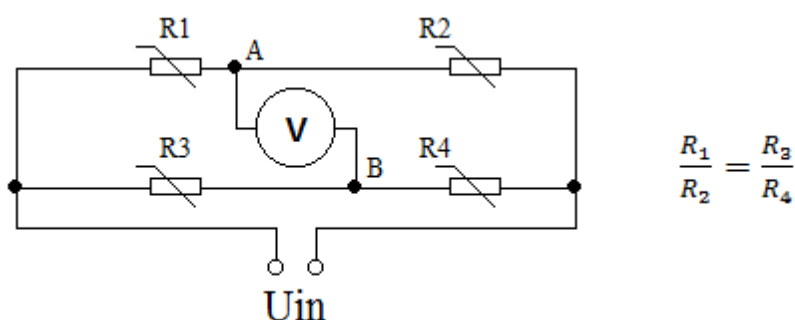
V praxi je většinou požadováno určení konkrétní hodnoty, která nevykazuje větší dynamické vlastnosti. Maximální měřená hodnota by měla být 50% až 80% nominální hodnoty snímače. Rezerva je nutná pro ochranu snímače před zničením.

Princip měření hmotnosti

Single-point je v dnešní době velmi rozšířený. Díky masové výrobě je cena mnohem nižší než před lety. Jednobodové (single-point) snímače sil se od ostatních typů liší svou konstrukcí, která umožňuje měřit i excentrické zátěže na nosiči břemena. Snímač tohoto typu je také výhodný tím, že celé jeho tělo je uvažováno jako deformační člen. Ve snímači jsou vhodně zapracovány odporové tenzometry, které snímají zatížení v závislosti na přetvoření povrchu deformovaného členu. Většinou se tyto snímače používají pro platformové váhy, kde postačuje jeden snímač uprostřed platformy. Snímače typu single-point nejsou primárně určeny k paralelnímu řazení.

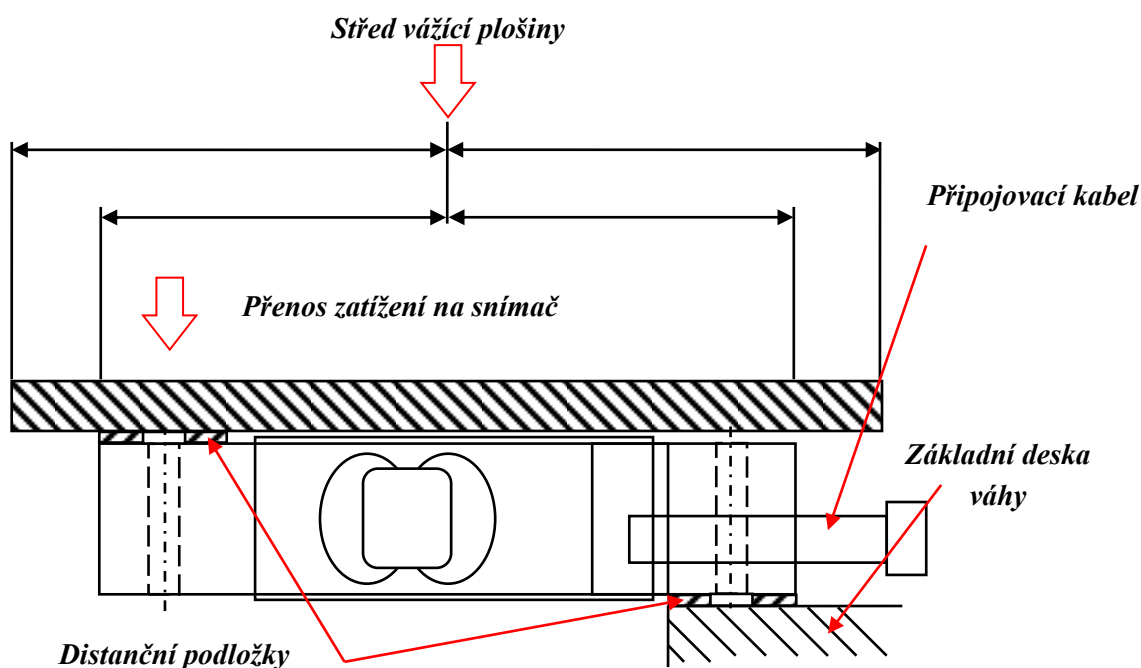
Na obrázku (Obr. 20) je vnitřní zapojení single-pointu, které se nazývá Wheatstonův můstek. Odporů R1 až R4 značí tenzometry. Připojíme-li voltmetr mezi body A a B naměříme nulové napětí. Výstupní napětí je potom funkcí nelineárního odporu R4.

Jedná se o vyvážený můstek a platí:



Obr. 20 Schéma zapojení - Wheatstonův tenzometrický můstek

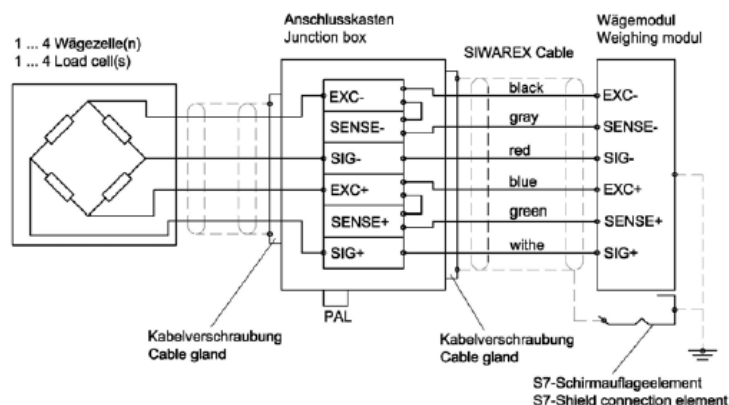
Na obrázku (Obr. 21) je zobrazeno jedno z možných mechanických uložení single-pointu



Obr. 21 Zobrazení mechanického uložení tenzometru typu single point

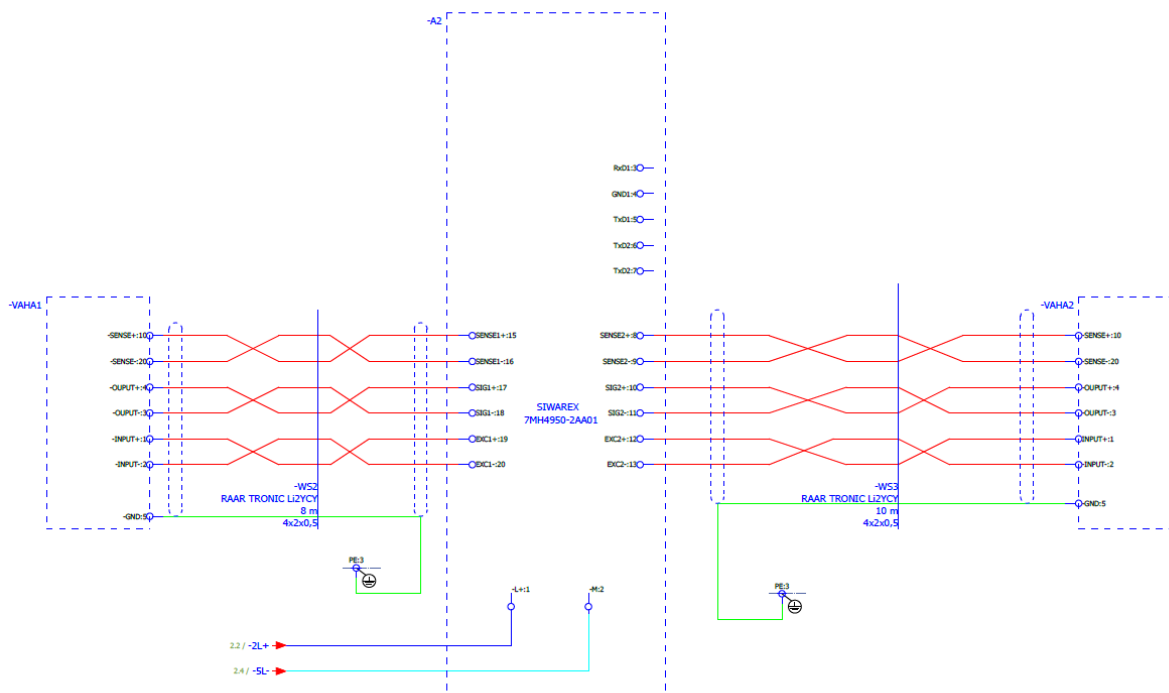
Připojení snímačů hmotnosti k řídicímu systému

Pro připojení snímačů je možno použít čtyřvodičovou, nebo šestivodičovou variantu. Pokud připojujeme šestivodičový snímač k elektronice užívající čtyřvodičové připojení, zapojí se dva vodiče detekce napájení mostu (šedý a zelený) paralelně k vodičům napájení mostu (černý a modrý). V opačném případě, pokud připojujeme čtyřvodičový snímač k elektronice (v tomto případě karta Siwarex) používající šestivodičovou variantu, je nutné propojit signály (EXC a SENSE) pro detekci a napájení mostu, jak je zobrazeno na obrázku ().



Obr. 22 Připojení tenzometru k váhícímu modulu: 6-vodičové nebo 4-vodičové [15]

Snímače PWS-C3 pro měření hmotnosti nádrže používají čtyřvodičovou variantu. Vzhledem k omezené délce připojovacího kabelu snímače a umístěním jednotlivých nádrží bylo potřeba prodloužit kabely snímačů. Po domluvě s konstruktérem byl vybrán stíněný kabel (RAAR TRONIC Li2YCY 4x2x0,5). Na obrázku () je zobrazeno připojení tenzometrů ke kartě Siwarex.



Obr. 23 Schéma zapojení tenzometru [15]

Technické údaje snímače 1-PWS-C3:

Specifications

Type		PWS–2									PWSC3							
Accuracy class		0.07									C3 1)							
Max. number of load cell verification intervals (n _{LC})		–									3000							
Maximum capacity (E _{max})	kg	7	10	15	30	60	100	150	300	–	–	15	30	60	100	150	–	
Min. load cell verification interval (v _{min})	g	–									–	–	5	10	20	20	50	–
Maximum platform size	mm	300x300			450x450			600x600			300x300		450x450		600x600			
Sensitivity (C _n)	mV/V	2.0 ± 0.2									2.0 ± 0.2							
Zero balance	mV/V	0 ± 0.1									0 ± 0.1							
Temperature effect on zero balance (TK ₀)	% of C _n / 10 K	± 0.0662									± 0.0195							
Temperature effect on sensitivity (TK _C) 2) Temperature range: +20 ... +40 °C [+70 ... +105 °F] –10 ... +20 °C [+15 ... +70 °F]	% of C _n / 10 K	± 0.0662 ± 0.0662									± 0.0175 ± 0.0117							
Hysteresis error (d _{hy}) 2)	% of C _n	± 0.0300									± 0.0170							
Non-linearity (d _{lin}) 2)	% of C _n	± 0.0300									± 0.0170							
Creep (d _{cr}) over 30 min.	% of C _n	± 0.0350									± 0.0245							
Off center load error	%	± 0.0050 3)									± 0.0233 4)							
Input resistance (R _{LC}), (min)	Ω	350									350							
Output resistance (R ₀)	Ω	350 ± 3									350 ± 3							
Reference excitation voltage (U _{ref})	V	5									5							
Nominal range of excitation volt. (B _U)	V	1 ... 15									1 ... 15							
Insulation resistance (R _{is})	GΩ	> 5									> 5							
Nominal temperature range (B _T)	°C [°F]	–10 ... +40 [+15 ... +105 °F]									–10 ... +40 [+15 ... +105 °F]							
Service temperature range (B _{tu})	°C [°F]	–10 ... +50 [+15 ... +125 °F]									–10 ... +50 [+15 ... +125 °F]							
Storage temperature range (B _{st})	°C [°F]	–25 ... +70 [–15 ... +160 °F]									–25 ... +70 [–15 ... +160 °F]							
Safe load limit (E _L) at max. eccentricity	% of E _{max} mm	150 100 150 200									150 100 150 200							
Lateral load limit (E _{lq}), static	% of E _{max}	300									300							
Breaking load (E _d)	% of E _{max}	300									300							
Deflection at E _{max} (s _{nom}), approx.	mm	< 0.4									< 0.4							
Weight (G), approx.	kg	0.5		0.7		0.9		1.2		0.5		0.7		0.9		–		
Protection class according to EN60529 (IEC529)		IP65									IP65							
Material: Measuring element Coating		Stainless steel Silicone rubber									Stainless steel Silicone rubber							

¹⁾ According to OIML R60 with $P_{LC} = 0.7$

²⁾ The data for Non-linearity (d_{lin}), Hysteresis error (d_{hy}) and Temperature effect on sensitivity (TK_C) are typical values. The sum of these data meets the requirements according to OIML R60.

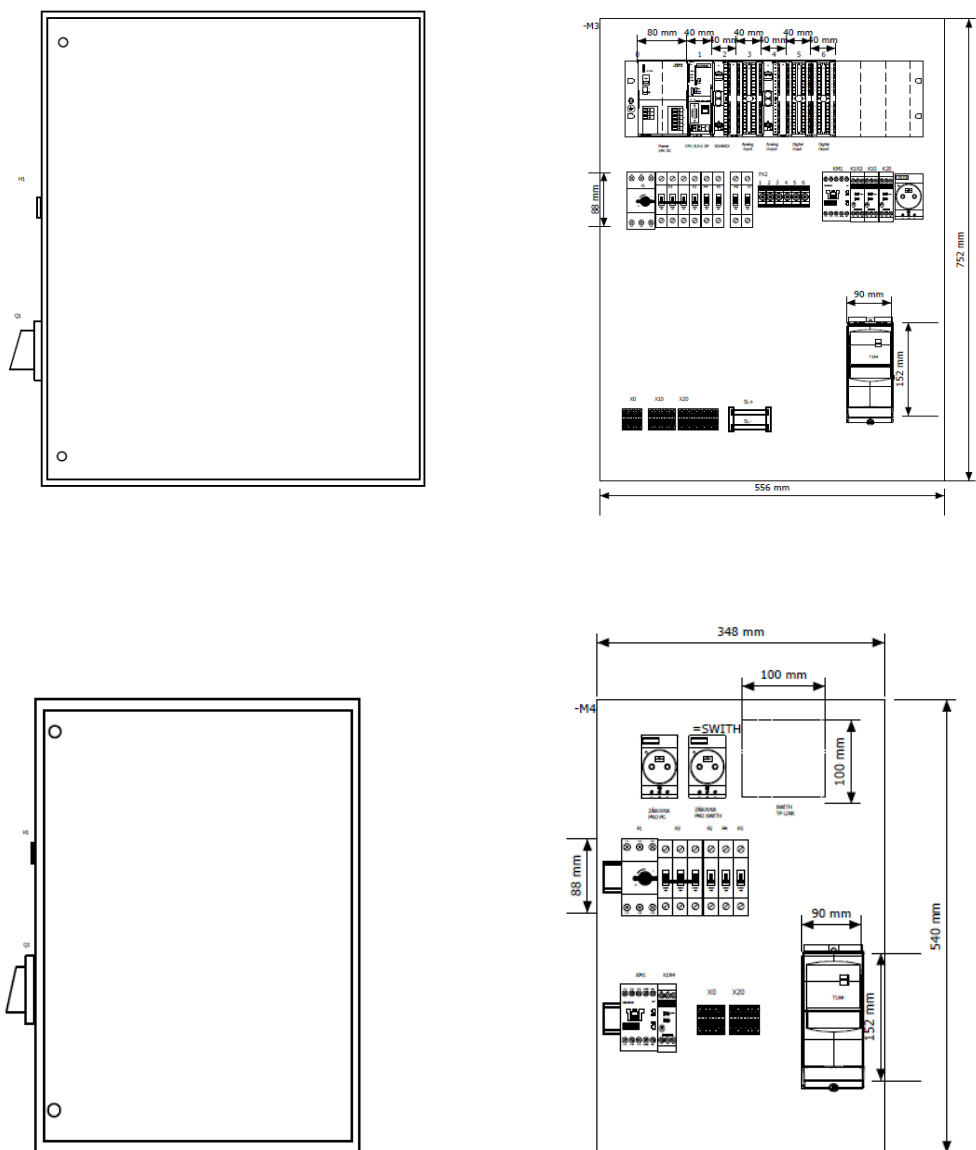
³⁾ Refers to the applied load per cm eccentricity.

⁴⁾ Refers to the scale capacity (Max) for 3000 d.

The tolerance value corresponds to 70 % of the permissible scale error according to OIML R76, Class III.

Tab. 3 Technické údaje – snímač hmotnosti vody v nádrži [13]

6.1.5 Dispozice přístrojů v rozvaděči



Obr. 24 Dispozice přístrojů v rozvaděcích

6.1.6 Popis elektro instalace

Vlastní měření objemu ocelových lahví obsahuje dvě stanoviště ovládané ze dvou rozvaděčů RM3 a RM4 (Obr. 24). Tyto rozvaděče jsou napojeny z rozvaděče dopravy v hale za stykačem nouzového vypnutí dopravy. Každý rozvaděč je napojen kabelem CYKY4G2,5.

Každý z rozvaděčů RM3 a RM4 má svůj hlavní vypínač Q1. Pro funkci pracovišť musí být vždy zapnut rozvaděč RM3, ve kterém je instalován řídicí systém pracoviště měření objemu ocelových lahví. Každé stanoviště je vybaveno obslužným panelem MS1 a MS2, tyto jsou vyzbrojeny dotykovými panely SIEMENS pro obsluhu jednotlivých pracovišť. Instalace je provedena flexibilními kabely JZ-500-4G1,5, ovládací panely jsou napojeny kabely JZ-500 16G1,5. Ovládací napětí je 24V DC. Pospojování bude provedeno zelenožlutými vodiči CYA 6mm.

Vnitřní vybavení rozvaděče

Rozvaděč RM3

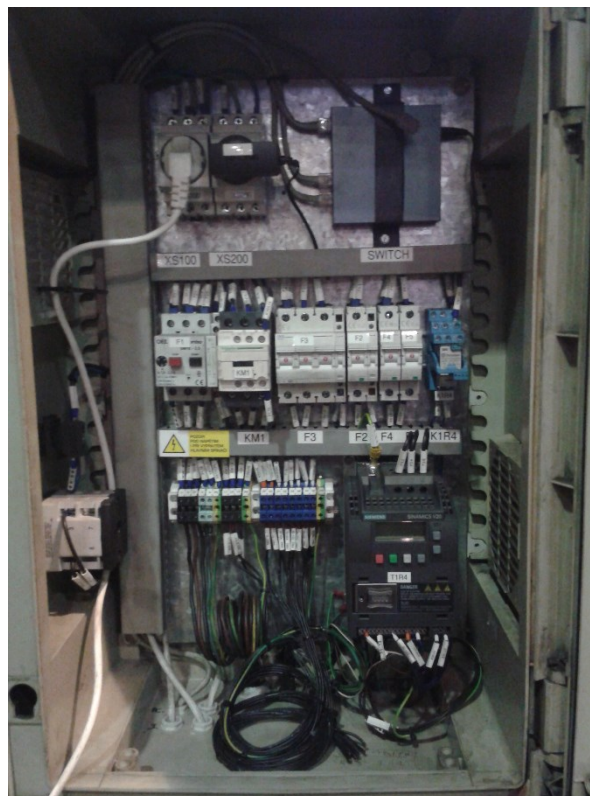
Rozmístění jednotlivých prvků v rozvaděči RM3 je realizováno v několika řadách (Obr. 25). Řídicí systém je umístěn v horní části rozvaděče, vedle napájecího zdroje 230VAC/24VDC. Ve druhé a třetí řadě jsou napájecí a ovládací prvky - jističe, pojistky, motorový spouštěč, relé, stykače, napájecí můstek 24VDC, zemnicí můstek. V dolní části rozvaděče se nachází svorkovnice pro připojení kabelu (napájení, motorů, čidel a periférie). Frekvenční měnič pro řízení plnicího čerpadla je umístěn v pravé části rozvaděče. Pro připojení servisního počítače je v rozvaděči zásuvka 230VAC.



Obr. 25 Vnitřní vybavení rozvaděče plnicí stanice č. 1 – RM3

Rozvaděč RM4

V rozvaděči RM4 (Obr. 26) je rozmístění prvků realizováno podobně jako v rozvaděči RM3. V první řadě jsou namontovány zásuvky 230VAC pro napájení servisního počítače a switchu pro komunikaci mezi operátorskými panely (MS1, MS2), řídicím systémem a databází. Ve druhé řadě jsou umístěny napájecí a ovládací prvky – motorový spouštěč, stykač, jističe a relé. Ve spodní části rozvaděče je umístěna svorkovnice pro připojení kabelu (napájení, motorů, čidel a periférie) a měnič pro řízení čerpadla plnění.



Obr. 26 Vnitřní vybavení rozvaděče plnicí stanice č. 2 – RM4

6.2 Technické parametry

6.2.1 Technické údaje

Základní napěťová soustava:

3PEN~50Hz 400/230V TN-C-S

Ovládací napětí:

2-24V DC

Jmenovitý proud:

RM3-16A, RM4-16A

Instalovaný výkon:

RM3-3kW, RM4-3kW

Krytí:

IP54/IP00

6.2.2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Ochrana před úrazem elektrickým proudem bude zajištěna v souladu s normou ČSN 33 2000-4-41, ed.2 ochrannými opatřeními stanovenými v oddíle „441 – Ochrana opatření: automatické odpojení od zdroje“ a souvisejícími normami podle odkazů v uvedené normě.

Ochrana před přímým dotykem živých částí je zajištěna:

- Základní ochranou dle odst. 411.2 jedním z opatření popsaných v příloze „A“, případně „B“.

Ochrana před dotykem neživých částí při poruše je zajištěna:

- Ochranným uzemněním a ochranným pospojováním dle odst. 411.3.1
- Automatické odpojení v případě poruchy dle odst. 411.3.2
- Doplnkovou ochranou dle odst. 411.2.3
- Dodržením podmínek pro síť TN dle odst. 411.4)

6.2.3 Technické požadavky na zařízení

- Zařízení budou splňovat požadavky zákona č.22/1997Sb. O technických požadavcích na výrobky ve znění pozdějších předpisů č.71/2000Sb., č.102/2001Sb., č.205/2002Sb., č.277/2003Sb., č.186/2006Sb., č.229/2006Sb. a nařízení vlády:
- č.17/2003Sb. - Technické požadavky na elektrické zařízení nízkého napětí
- č.616/2006Sb. – Technické požadavky na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility

6.2.4 Ochrana proti zkratu

Ochrana vedení proti nadproudům je provedena jističi a pojistkami.

6.2.5 Vnější vlivy

Dle ČSN 332000 – 1 ed.2, ČSN 332000-4-41 ed.2, ČSN 332000-5-51 ed.3,

AA5 – Teplota okolí (+5°C až +40°C), **AC1** – nadmořská výška (do 2000m), **AD1** – Výskyt vody (zanedbatelný), **AE1** – Výskyt cizích pevných těles (zanedbatelný), **AF1** – Výskyt korozních nebo znečišťujících látek (nejsou významné), **AG2** – Nebezpečí rázu (pro průmyslové provedení), **AH2** – Vibrace (pro průmyslové prostředí), **AK1** – Výskyt rostlinstva nebo plísní (bez vážného nebezpečí), **AL1** – Výskyt živočichů (bez vážného nebezpečí), **AN1** – Sluneční záření (nízká intenzita), **AP1** – Seismické účinky (zanedbatelné), **AQ1** – Bouřková činnost (zanedbatelné ohrožení), **AR1** – Pohyb vzduchu (pomalý), **AS1** – Vítr (malá rychlost), **BA4** – Schopnost osob (poučené osoby), **BB1** – vysoký odpor (suchá místa), **BC3** – dotyk osob s potenciálem země (v nenáročných provozech), **BD1** – podmínky úniku v případě nebezpečí (snadné podmínky úniku), **BE1** – povaha zpracovaných nebo skladovaných materiálů (bez nebezpečí), **CA1** – Stavební materiál (nehořlavý), **CB1** – Provedení budovy (zanedbatelné nebezpečí)

Z hlediska bezpečnosti úrazu elektrickým proudem se jedná o prostory normální.

6.2.6 Údržba a periodické kontroly

Pro správnou funkci elektro zařízení a jeho spolehlivý chod, doporučujeme následující pravidelné kontroly (vyšší stupeň zahrnuje i všechny úkoly z nižších stupňů).

Měsíční:

- vizuální kontrola prvků elektrické výzbroje, jejich případné očištění a zajištění správné mechanické funkce
- kontrola všech signálů
- kontrola obvodů nouzového vypnutí
- kontrola uvolnění svorek a jejich případné dotažení
- kontrola větracích otvorů, zda nejsou zaprášené nebo zakryté
- kryty, držadla, ovládací prvky nesmí být poškozeny tak, aby byla snížena ochrana před nebezpečným dotykem

Roční:

- vizuální kontrola všech přístrojů
- dotažení šroubových spojů svorek, vodiče v nich musí být spolehlivě připojeny
- kontrola stavu kontaktů stykačů

Dvouroční:

- důsledná kontrola celého elektrického zařízení včetně kabeláží
- objednat důkladnou prohlídku a seřízení u servisního závodu

6.3 Realizace softwarového řešení

Cílem rekonstrukce zařízení z hlediska nového softwarového řešení bylo nahradit současný řídicí algoritmus řešený pomocí mikropočítače MOTOROLA HC11 programovatelným automatem (PLC). Dalším krokem bylo nahradit současné ovládání pomocí tlačítek, dotykovými panely (OP). Pro výběr nového řídicího systému a ovládacích panelů byly zadány přesné požadavky (viz Návrh nového řešení). Nakonec byl vybrán typ PLC SIMATIC S7-315-2 PN/DP a OP KTP600.

Navrhovaný systém popsáný pomocí diagramu datových toků – DFD (Data Flow Diagram) je zobrazen v Příloze I – Dataflow diagramy, která je součástí této práce.

Seznam digitálních vstupů:

Označení:	Popis v PLC:
I 0.0	DI_NAPOUSTENI_1_Zap/Vyp
I 0.1	DI_PLNENI_1_Start
I 0.2	DI_PLNENI_1_Stop
I 0.3	DI_MENIC_T1R3_Fault
I 0.4	DI_JISTIC_DOPOUSTENI_1_Vaha
I 0.5	DI_JISTIC_OVLADANI_1_230V
I 0.6	DI_JISTIC_PLNENI_1_Vaha
I 1.0	DI_NAPOUSTENI_2_Zap/Vyp
I 1.1	DI_PLNENI_2_Start
I 1.2	DI_PLNENI_2_Stop
I 1.3	DI_MENIC_T1R4_Fault
I 1.4	DI_JISTIC_DOPOUSTENI_2_Vaha
I 1.5	DI_JISTIC_OVLADANI_2_230V
I 1.6	DI_JISTIC_PLNENI_2_Vaha
I 2.0	DI_PLNENI_1_POZICE_
I 2.1	DI_PLNENI_1_POZICE_2
I 2.2	DI_PLNENI_1_POZICE_3
I 3.0	DI_PLNENI_2_POZICE_1
I 3.1	DI_PLNENI_2_POZICE_2
I 3.2	DI_PLNENI_2_POZICE_3

Seznam digitálních výstupu:

Q 0.0	DO_NAPOUSTENI_1_Zap/Vyp
Q 0.1	DO_MENIC_T1R3_Zap/Vyp
Q 0.2	DO_SIGNALKA_1
Q 0.3	DO_KLAKSON_1
Q 1.0	DO_NAPOUSTENI_2_Zap/Vyp
Q 1.1	DO_MENIC_T1R4_Zap/Vyp
Q 1.2	DO_SIGNALKA_2
Q 1.3	DO_KLAKSON_2

Seznam analogových vstupu:

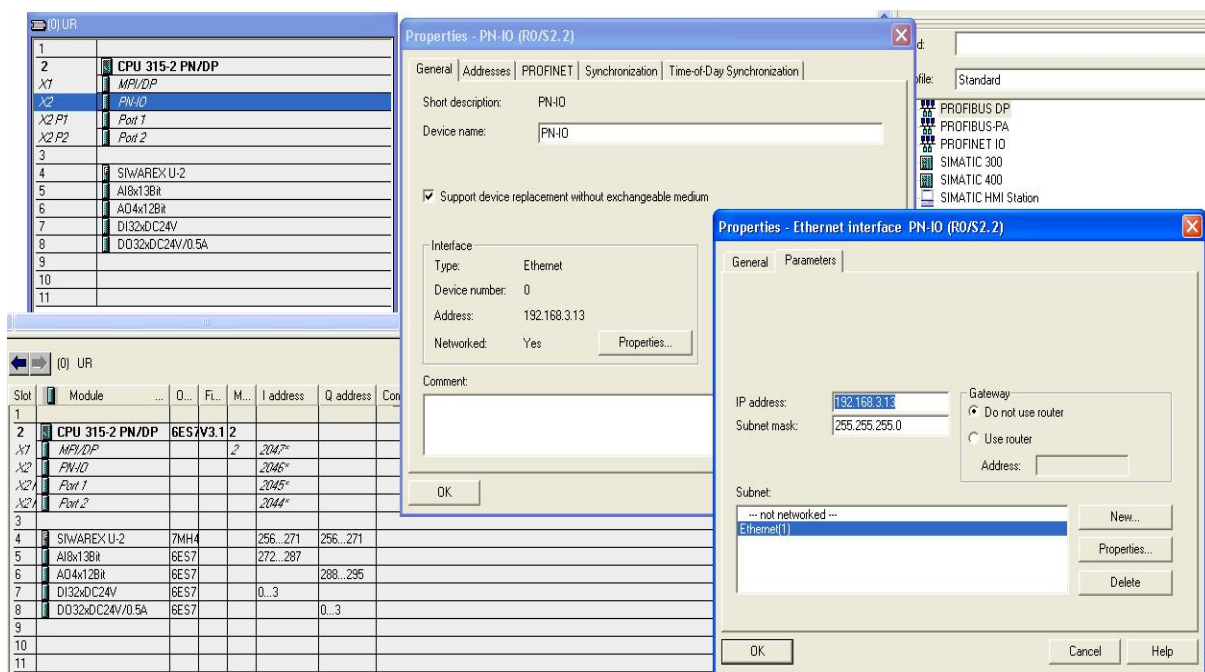
PIW 272	AI_Tep_merene_latky_1
PIW 274	AI_Tep_prostoru
PIW 276	AI_Tep_merene_latky_2

Seznam analogových výstupu:

PQW 288	AO_M1_Hodnota
PQW 290	AO_M2_Hodnota

Tab. 4 Seznam vstupních a výstupních hodnot digitálních a analogových signálů

Firma Siemens nabízí pro vytvoření projektu vývojové prostředí Simatic-Manager nebo novější verzi TIA-portale. Projekt byl realizován pomocí softwaru Simatic-Manager. Na základě dodaného seznamu materiálu (viz. Příloha – Specifikace materiálu SIEMENS) od konstruktéra, byla vytvořena hardwarová konfigurace projektu (dále HW-config).

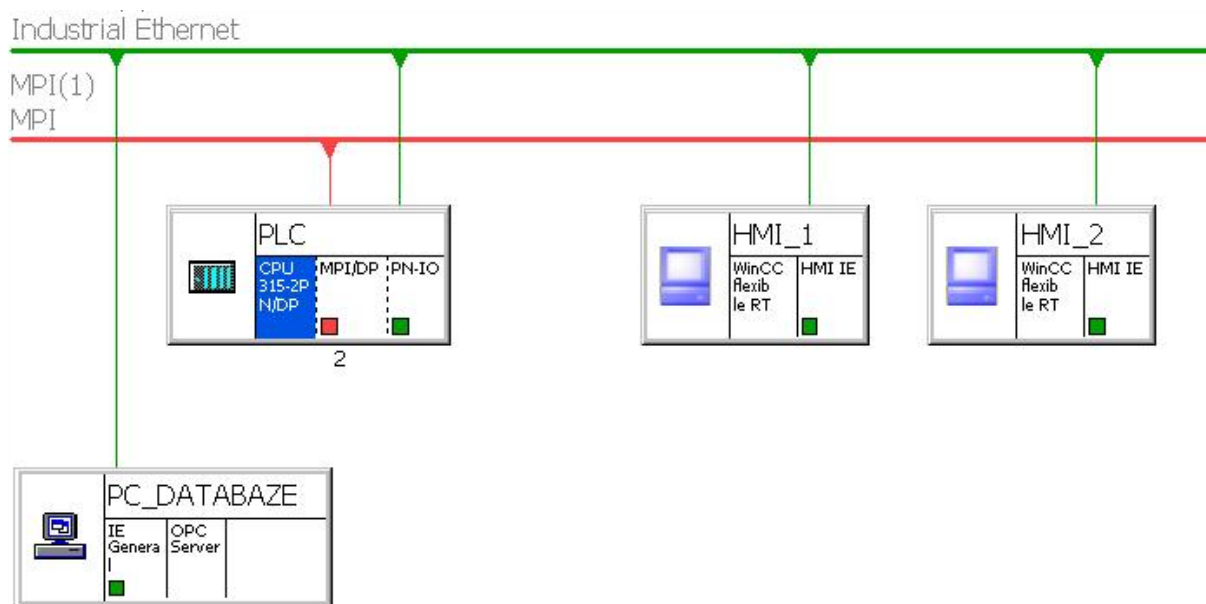


Obr. 27 Hardwarová konfigurace řídicího systému

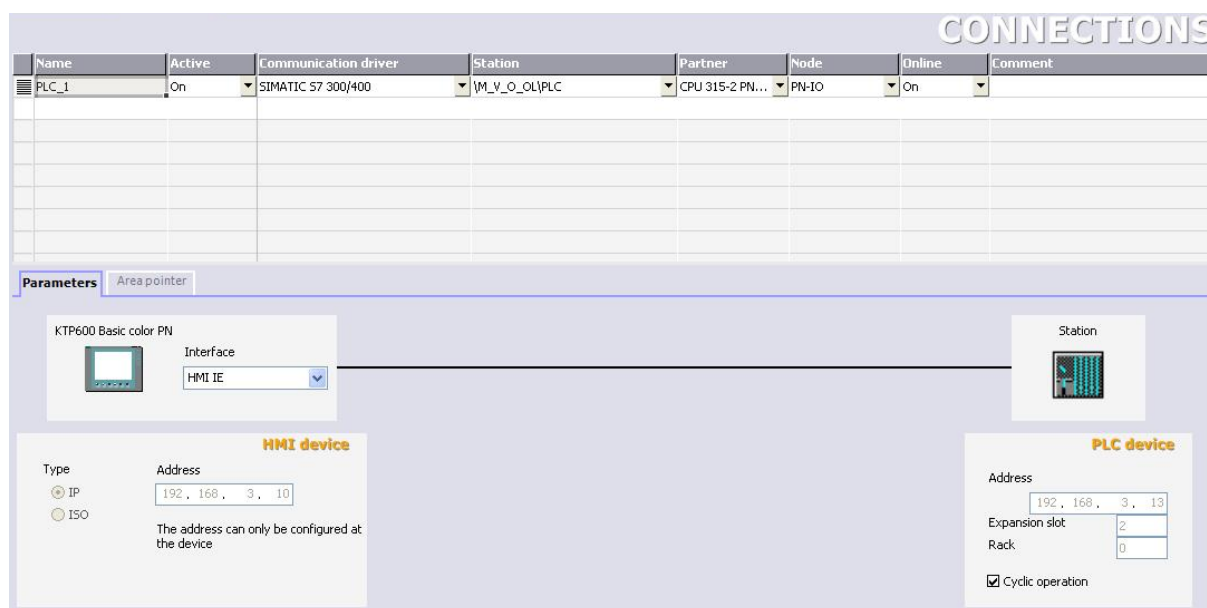
Na obrázku (Obr. 27) je vidět hardwarová konfigurace projektu společně s nastavením IP adresy komunikačního modulu Ethernet. Výsledná HW-confíg je složená z následujících prvků:

- CPU 315-2 PN/DP (řídící jednotka)
- SIWAREX U-2 (jednotka pro připojení vážicích modulů - tenzometrů)
- AI 8x13bit (analogová vstupní karta)
- AO 4x12bit (analogová výstupní karta)
- DI 32xDC24V (digitální vstupní karta)
- DO 32xDC24V/0,5A (digitální výstupní karta)

Pro komunikaci mezi řídicím systémem, ovládacími panely a databází je použit Ethernet, jak je vidět na obrázku (Obr. 28). Komunikace MPI je zde povolena jen z důvodu ladění projektu v Off-line režimu. Nastavení této komunikace je možné provést v části NetPro - Simatic-Manageru [6].



Obr. 28 Nastavení síťového připojení - NetPro



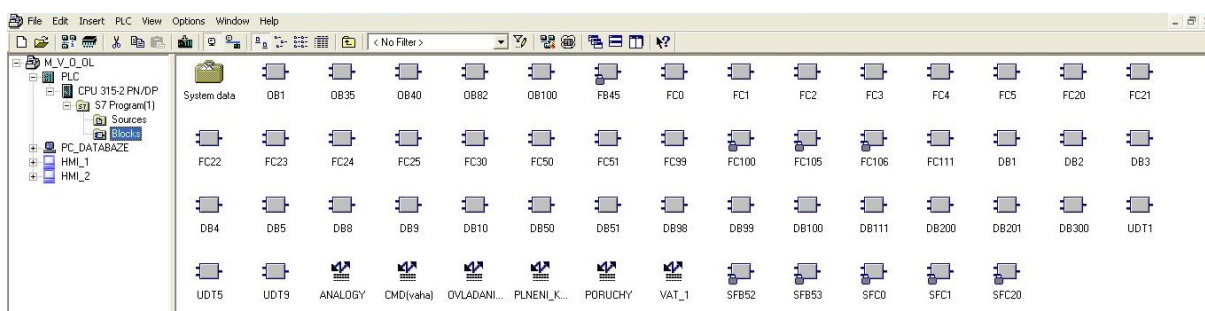
Obr. 29 Nastavení síťového připojení pro HMI

Nastavení komunikace v prostředí Win-CC pro jednu z měřicích stanic je zobrazeno na obrázku (Obr. 29). Druhá měřicí stanice je nastavena podobně jako první, liší se jen v IP adrese, pomocí které se připojuje k PLC.

6.3.1 Tvorba programu PLC

Po konečné domluvě s vedoucím projektu a konstruktérem na podobě řídicího algoritmu bylo možné začít vytvářet program pro PLC, vizualizaci pro OP a databázi. Řídicí algoritmus pro PLC musí zůstat stejný jako doposud a navíc musí být doplněn o archivaci dat do databáze (viz Požadavky zadavatele). Vizualizace pro OP a vizualizace pro databázi nemají přesné specifikace na zobrazení, obě vizualizace by ale měly být přehledné a snadno ovladatelné.

Záleží na programátorovi, jakou bude mít výsledný program podobu. Struktura programu pro PLC je zobrazena na obrázcích níže (Obr. 30).



Obr. 30 Struktura programu v PLC

Block(symbol), Instance DB(symbol)	Local	Language	Location	Local data (for blocks)
OB1 [maximum: 156]	[36]			[36]
FB45 (SIWA_U(vaha)), DB10 ((vaha))	[82]	STL	NW 1	Sta ... [46]
DB9 (DB_SIWA_U(vaha))	[36]	STL	NW 1	Sta ... [0]
FC30 (Fc Execute command(vaha))	[48]	STL	NW 2	Sta ... [12]
FC0 (FC_ALARM)	[36]	FBD	NW 3	[0]
FC3 (FC_objem_VAHA_1_2)	[114]	FBD	NW 4	[78]
FC5 (FC_DATE_TIME)	[54]	FBD	NW 5	[18]
FC50 (FC_pozice_zapis_database)	[64]	FBD	NW 6	[28]
FC51 (FC_zapis_FIFO1)	[60]	FBD	NW 7	[24]
FC99 (FC_DATALOGIN)	[60]	FBD	NW 8	[24]
FC111 (FC_SIM_nadrz)	[36]	FBD	NW 9	[0]
OB35 (Time_100ms)	[22]			[22]
DB9 (DB_SIWA_U(vaha))	[22]	STL	NW 1	Sta ... [0]
FC4 (FC_menice)	[132]	FBD	NW 2	[110]
FC1 (FC_nastaveni)	[70]	FBD	NW 3	[48]
FC20 (FC_pult1)	[24]	FBD	NW 4	[2]
FC21 (FC_rucne1)	[40]	FBD	NW 5	[18]
FC22 (FC_automat1)	[30]	FBD	NW 6	[8]
FC23 (FC_pult2)	[22]	FBD	NW 7	[0]
FC24 (FC_rucne2)	[40]	FBD	NW 8	[18]
FC25 (FC_automat2)	[30]	FBD	NW 9	[8]
OB40 (HW_INT0)	[20]			[20]
OB82 (I/O_FLT1)	[20]			[20]
OB100 (COMPLETE RESTART)	[20]			[20]
DB9 (DB_SIWA_U(vaha))	[20]	STL	NW 1	Sta ... [0]
DB8 (DB_U_VECTOR(vaha))	[0]			[0]

Obr. 31 Zobrazení křížových referencí v PLC

Program je rozdělen do několika funkčních bloků, tak aby byl lehce srozumitelný pro údržbu. Ukládání dat je řešeno pomocí několika datových bloků. Jednotlivé bloky jsou popsány a program/data, které obsahují, jsou podrobně okomentovány (viz Příloha – program PLC a HMI).

Návrh samotného programového řešení (řídícího algoritmu) je realizován pomocí několika programovacích jazyků – STL, FBD. Pro programování složitých algoritmů a aritmetických funkcí (výpočet vodního objemu) je použit jazyk S7-SCL, který kombinuje prvky jazyka známé z programovacího jazyka na vysoké úrovni (například sériové smyčky, alternativní větvení) s jazyky typických pro PLC (například řešení vstupů/ výstupů nebo spuštění a dotazování časovačů a čítačů).

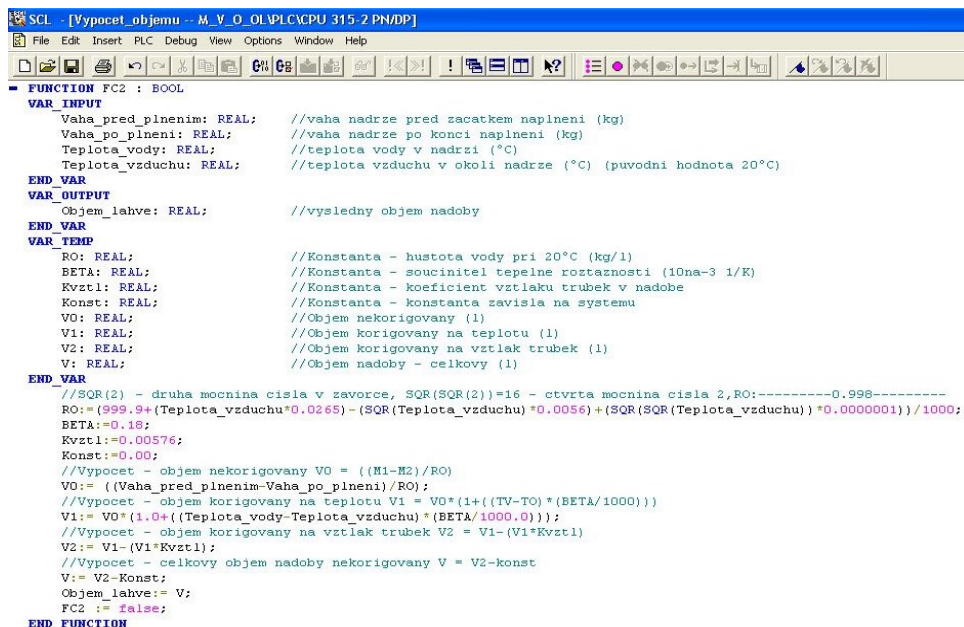
Programovací jazyk SCL

Programy S7-SCL jsou naprogramovány jako zdroje ASCII. Výměna s jinými zdroji ASCII nebo cílů je proto možné. S7-SCL editor nabízí různé šablony, které jen je třeba vyplnit a zní:

- Šablony pro bloky (např. funkční bloky, datové bloky)
- Šablony pro blokové komentáře, parametrů bloku a konstant
- Šablony řídících struktur (IF, CASE, FOR, WHILE), které obsahují přesnou syntaxi.

S7-SCL nabízí následující funkce:

- Jazykové prvky z programování ve vyšších jazycích, například sériové smyčky, alternativní poboček a poboček distributory
- PLC-typické rozšíření jazyka, např. řešení vstupů a výstupů, nebo start a snímání časovačů a čítačů.



```

FUNCTION FC2 : BOOL
VAR_INPUT
    Vaha_pred_plnenim: REAL; //vaha nadrže před začátkem naplnění (kg)
    Vaha_po_plneni: REAL; //vaha nadrže po konci naplnění (kg)
    Teplota_vody: REAL; //teplota vody v nádrži (°C)
    Teplota_vzduchu: REAL; //teplota vzduchu v okolí nadrže (°C) (původní hodnota 20°C)
END_VAR
VAR_OUTPUT
    Objem_lahve: REAL; //výsledný objem nádoby
END_VAR
VAR_TEMP
    RO: REAL; //Konstanta - hustota vody při 20°C (kg/l)
    BETA: REAL; //Konstanta - součinitel tepelné roztažnosti (10na-3 1/K)
    Kvzt1: REAL; //Konstanta - koeficient vztlaku trubek v nádobě
    Konst: REAL; //Konstanta - konstanta závislá na systému
    V0: REAL; //Objem nekorigovaný (l)
    V1: REAL; //Objem korigovaný na teplotu (l)
    V2: REAL; //Objem korigovaný na vztlak trubek (l)
    V: REAL; //Objem nádoby - celkový (l)
END_VAR
//SQRT(2) - druhá mocnina čísla v závorce, SQR(SQR(2))=16 - čtvrtá mocnina čísla 2,RO:-----0.998-----
RO:=(999.9+(Teplota_vzduchu*0.0265)-(SQR(Teplota_vzduchu)*0.0056)+(SQR(SQR(Teplota_vzduchu))*0.0000001))/1000;
BETA:=0.18;
Kvzt1:=0.00576;
Konst:=0.00;
//Vypocet - objem nekorigovaný V0 = ((M1-M2)/RO)
V0:= ((Vaha_pred_plnenim-Vaha_po_plneni)/RO);
//Vypocet - objem korigovaný na teplotu V1 = V0*(1+((TV-TO)*(BETA/1000)));
V1:= V0*(1.0+((Teplota_vody-Teplota_vzduchu)*(BETA/1000.0)));
//Vypocet - objem korigovaný na vztlak trubek V2 = V1-(V1*Kvzt1)
V2:= V1-(V1*Kvzt1);
//Vypocet - celkový objem nádoby nekorigovaný V = V2-konst
V:= V2-Konst;
Objem_lahve:= V;
FC2 := false;
END_FUNCTION

```

Obr. 32 Zobrazení části programového kódu v jazyce SCL

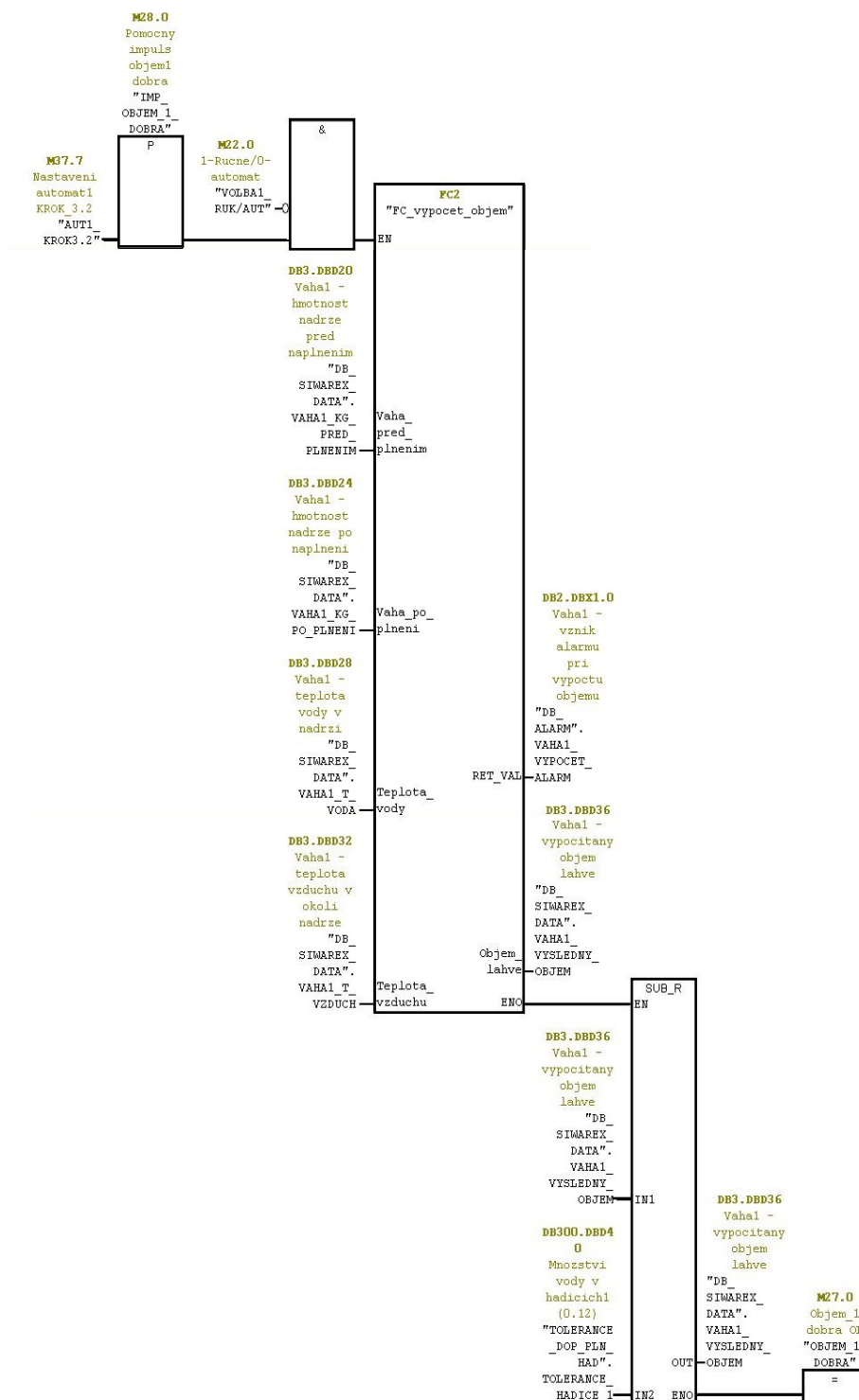
Network 2: Plnění - automaticky režim - lahev OK

```

VYPOCET OBJEMU (SCL)
Promenne:
M1 - hmotnost lahve pred plnenim
M2 - hmotnost lahve po plneni
TV - teplota vody
TO - teplota okolního vzduchu
Konstanty:
RO = (999.9+(TO*0.0265)-((TO^2)*0.0056)+((TO^4)*0.0000001))/1000 - hustota vody
BETA = 0.18 - součinitel tepelné roztažnosti
Kvzt1 = 0.00576 - koeficient vztlaku trubek v nadobe
Konst = 0.00 - konstanta závislá na systému
Vypocet:
- objem nekorigovaný V0 = ((M1-M2)/RO)
- objem korigovaný na teplotu V1 = V0*(1+((TV-TO)*(BETA/1000)))
- objem korigovaný na vztlak trubek V2 = V1-(V1*Kvzt1)
- celkový objem nádoby nekorigovaný V = V2-konst

-----POSLEDNI RADEK-----
Odpocet hodnoty = mnozstvi vody v hadicich

```



Obr. 33 Zobrazení části programového kódu v jazyce FBD

Network 3 : Prevod PLC casu do HMI

```
Comment:

A      "DATUM_CAS".Potvrzeni_synchronizace1    DB201.DBX13.0    -- PLC s OP
JNB    jump
L      P##wDT
LAR1
L      "DATUM_CAS".HMI1_ROK                    DB201.DBB10
T      LB [AR1,P#0.0]
L      "DATUM_CAS".HMI1_MESIC                  DB201.DBB9
T      LB [AR1,P#1.0]
L      "DATUM_CAS".HMI1_DEN                    DB201.DBB8
T      LB [AR1,P#2.0]
L      "DATUM_CAS".HMI1_HODINA                  DB201.DBB1
T      LB [AR1,P#3.0]
L      "DATUM_CAS".HMI1_MINUTA                  DB201.DBB2
T      LB [AR1,P#4.0]
L      "DATUM_CAS".HMI1_SEKUNDA                  DB201.DBB3
T      LB [AR1,P#5.0]
L      "DATUM_CAS".HMI1_DEN_V_TYDNU              DB201.DBB7
T      LB [AR1,P#6.0]

CALL   "SET_CLK"                               SFC0           -- Set System Clock
PDT    :=#wDT                                  #wDT
RET_VAL:="DB_ALARM".SET_DATA_AND_TIME1          DB2.DBW4           -- DaT1 - vznik alarmu pri nastaveni data a casu
NOP    0
jump:  NOP    0
```

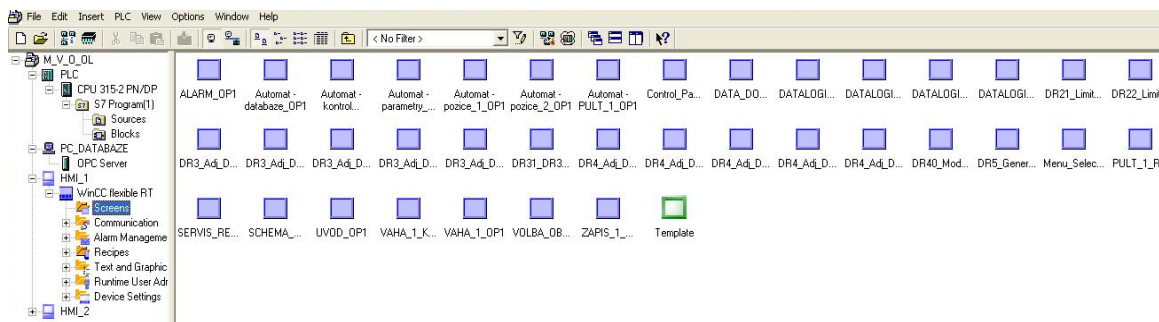
Obr. 34 Zobrazení části programového kódu v jazyce STL

Na obrázcích výše je zobrazení části programu:

- SCL kód - výpočet vodního objemu (Obr. 32)
- Jazyk FBD (zobrazení pomocí funkčních bloků) – část kroku v automatickém režimu (Obr. 33)
- STL (psaní kódu po řádcích, pomocí instrukcí) – převod času z PLC do HMI (Obr. 34)

6.4 Návrh a realizace vizualizační aplikace

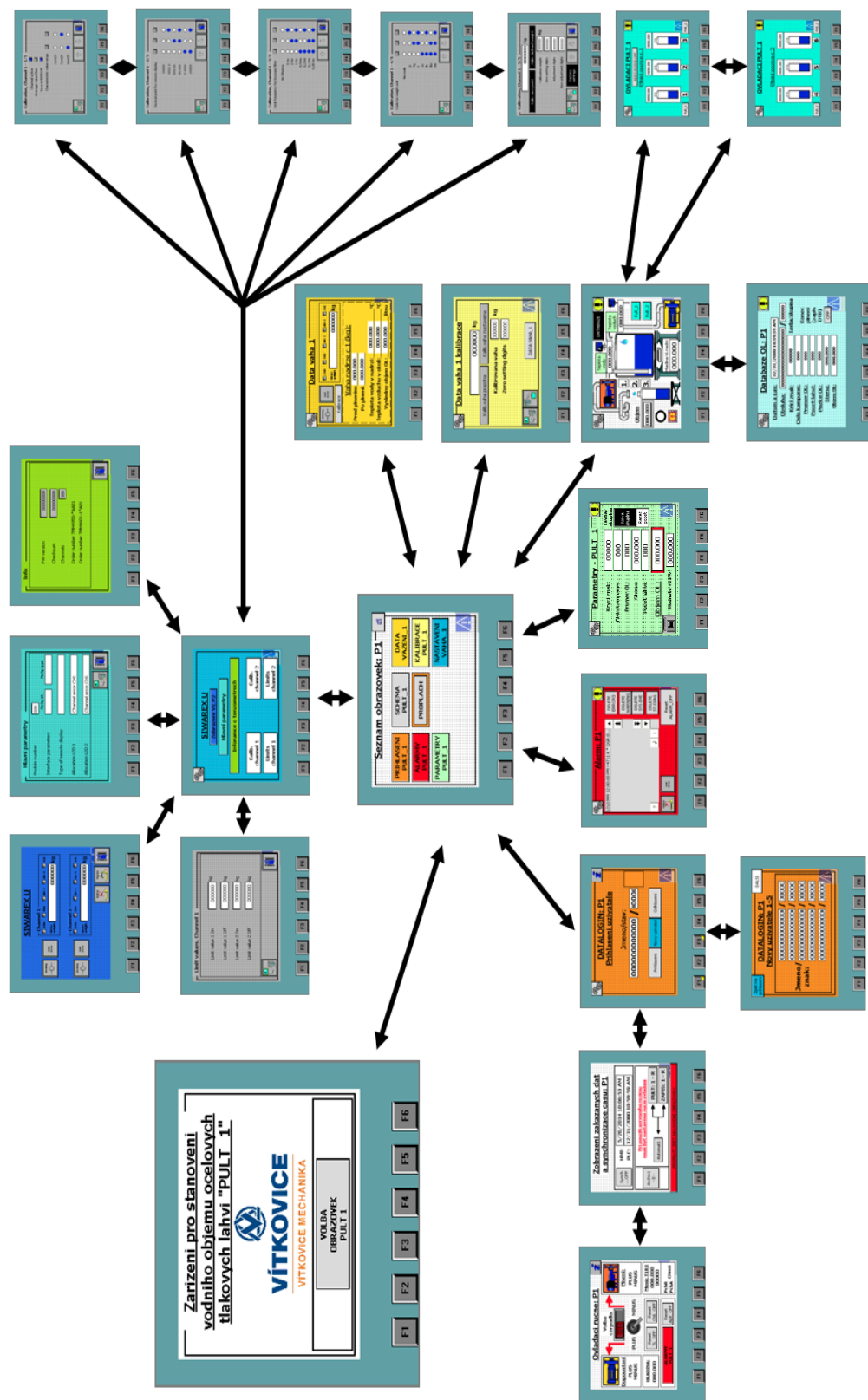
Jak již bylo řečeno, vizualizace pro OP a databázi nemají přesné specifikace. Obě vizualizace by měly být jednoduché a měly by nabízet uživateli snadné a intuitivní ovládání. Struktura programu vizualizace pro měřicí stanici MS1 je zobrazena na obrázku níže (Obr. 35).



Obr. 35 Struktura programu v HMI

Vizualizace pro OP se skládá z několika obrazovek (viz – Mapa obrazovek) (Obr. 36). Ovládání a popis jednotlivých částí a obrazovek je příliš rozsáhlý, podrobnější popis je popsán v Příloze II. – Manuál [9].

6.4.1 Mapa obrazovek

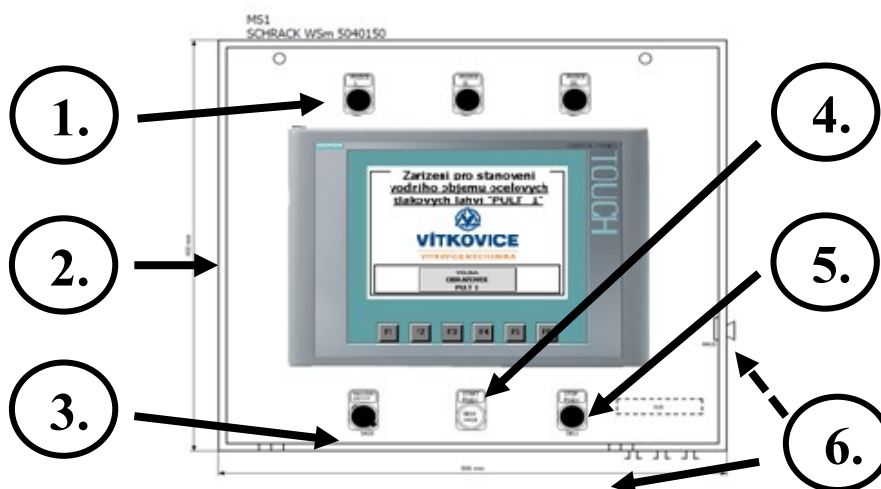


Obr. 36 Mapa obrazovek pro HMI [9]

6.4.2 Kontrola, příprava a seřízení zařízení k provozu

Obsluhu celého zařízení zajišťují dva pracovníci, kteří byli pro pracovní činnost na tomto zařízení určení. Pracovníci musí být pro tuto činnost prokazatelně proškoleni s ověřením znalostí, o čem musí být vedena průkazná evidence. Obsluha musí být proškolená z návodu na obsluhu jednotlivých zařízení tlakové zkušebny. Za přípravu, seřízení, odzkoušení, provoz a kontrolu zařízení v provozu je zodpovědná obsluha. Při této činnosti se řídí a postupuje v souladu s návodem na obsluhu. Postup pro zapnutí, nastavení a následné spuštění měření

- I. **Uvedení do činnosti** - zařízení uvedeme do provozu otočným vypínačem označeným HLAVNÍ VYPÍNAČ (Q1), který je umístěn na rozvaděči RM3 a RM4. Otočením vypínače z polohy VYPNUTO – 0 do polohy ZAPNUTO – 1.
Po krátkém čase (cca 1min) dojde k aktivaci operátorského panelu (OP) na stanicích MS1 a MS2. Pro správnou funkci zařízení musí být zapnut rozvaděč RM3, který obsahuje řídicí systém (PLC). Zapnutý stav je indikován rozsvícením kontrolky na rozvaděči RM3 a RM4.
- II. **První měření** - před začátkem směny je nutné provést minimálně jedno kontrolní měření pomocí kontrolního závaží (kontrolní láhve). Toto kontrolní měření je možné provést, až v okamžiku kdy je celý systém zaplaven – viz „Zaplavení systému“ (*Čerpadla nesmí být pouštěna na sucho!*).
- III. **Zaplavení systému** – Zaplavení vyprázdněného systému provádíme bez aktivace čerpadel. Zaplavíme a odvzdušníme sací potrubí čerpadla dopouštěním váhy a čerpadla plnění lahví. Zaplavení provedeme vodou nalévanou přes výtlačná hrdla čerpadel po rozpojení šroubovacích spojek.
Pomocí mezipojky (pomocná láhev) propojíme hadici pro plnění s odfukovou hadicí. Tlačítkem označeným „PROPLACH“ aktivujeme funkci proplach, která nejprve aktivuje čerpadlo pro dopouštění váhy (napustí určité množství vody do hlavní nádrže) a poté aktivuje čerpadlo plnění lahví, čímž dojde k zaplavení celého systému. Po dokonalém zaplavení plnicího a odfukového okruhu spojení hadic zrušíme. Dokonalé zaplavení systému závisí hlavně na těsnosti zpětných ventilů na plnicí hadice.
Podmínky pro zaplavení systému:
 - a) Čerpadla nesmí být spouštěna na sucho = zaplavení bez aktivace čerpadel
 - b) Uživatel musí být přihlášen (viz Přihlášení uživatele)
 - c) Přepínač na ovládacím pultu („2.“) „Napouštění Zap/Vyp“ („3.“) musí být v poloze „Vyp“ (je možné navolit tlačítko „PROPLACH“)



Obr. 37 Ovládací panel MS1 – rozmístění ovládacích prvků

1. Tlačítka pro volbu „Pozice plnění 1, 2, 3“
2. Ovládací pult (MS)
3. Tlačítko pro volbu „Napouštění Zap/Vyp“
4. Tlačítko „Start“ (doplněné o signalizační kontrolku)
5. Tlačítko „Stop“
6. Akustická signalizace – klakson (na žádost obsluhy je klakson přesunut)

IV. Postup měření

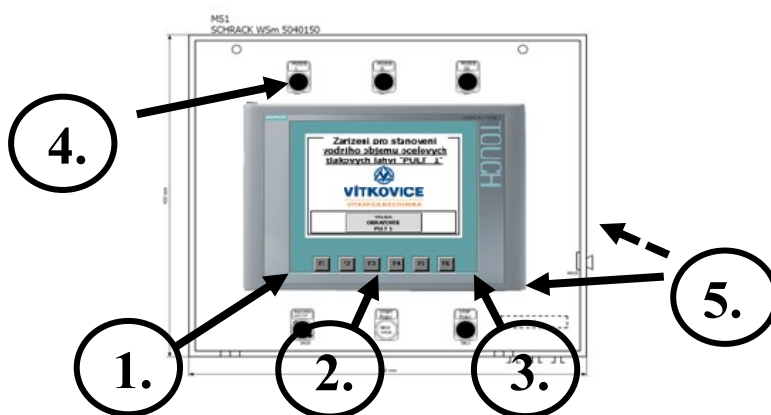
- a) Splníme podmínky pro nastavení a kontrolu měřicího zařízení (uvedeno v předešlých odstavcích)
- b) Spustíme dopouštění hlavní nádrže přepnutím přepínač na ovládacím pultu („2.“) „Napouštění Vyp/Zap“ („3.“) z polohy „Vyp“ do polohy „Zap“
- c) Ukončení dopouštění hlavní nádrže (dosažení nastavené hodnoty parametru „Objem OL“ + 15%) je signalizováno rozsvícením kontrolky („4.“)
- d) Do měřené prázdné láhve našroubujeme plnicí ventil (používáme vždy geometricky shodnou celou sadu ventilů)
- e) Připojíme odfukovou hadici
- f) Připojíme plnicí hadici
- g) Po úspěšném napuštění hlavní nádrže (rozsvícením kontrolky „4.“) a připojení všech hadic navolíme tlačítkem („1.“) požadovanou pozici plnění
- h) Měření odstartujeme tlačítkem „START“ („4.“)
- i) Po ukončení měření (signalizované akusticky „6.“ a rozblikáním kontrolky „4.“) dojde k automatickému zapnutí dopouštění nádrže
- j) V případě, že nelze změřit výsledný objem láhve (velký unik vody, el. porucha), nedojde k automatickému zapnutí dopouštění nádrže.
- k) Odpojíme odfukovou hadici a plnicí hadici
- l) Při dalším měření postupujeme od bodu „c“
- m) Dopouštění lze ve kterémkoliv okamžiku přerušit přepnutím přepínače na ovládacím pultu („2.“) „Napouštění Zap/Vyp“ („3.“) do polohy „Vyp“
- n) Měření lze ve kterémkoliv okamžiku zastavit tlačítkem „STOP“ („5.“), (objem láhve lze dále změřit až po jejím úplném vyprázdnění)

6.4.3 Jednotlivé kroky pro měření

Jsou-li splněny všechny podmínky (Kontrola a příprava: I.-III.), je možné začít měření na měřicí stanici MS1, MS2 (KROK 1 – KROK 7).

I. KROK 1

- Spustíme dopouštění hlavní nádrže přepnutím přepínače „Napouštění Vyp/Zap“ („1.“) na ovládacím pultu (MS) z polohy „Vyp“ do polohy „Zap“.
- Ukončení dopouštění hlavní nádrže (dosažení nastavené hodnoty parametru „Objem OL“ + 15% a ustálení hladiny) je signalizováno rozsvícením kontrolky („2.“ – Podsvícené tlačítko).



Obr. 38 Ovládací panel MS1 – popis ovládání

II. KROK 2

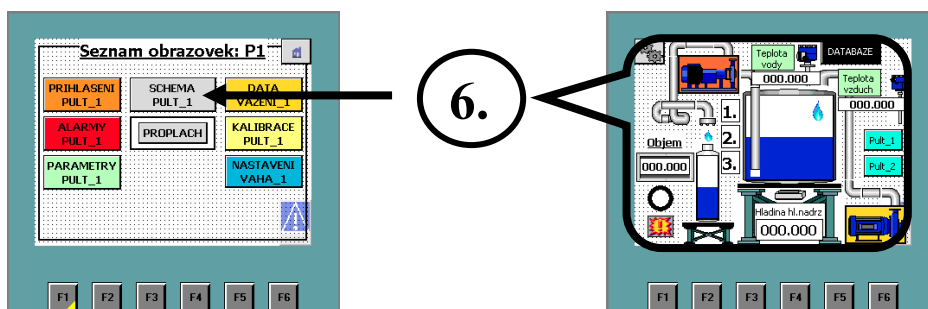
- Do měřené prázdné láhve našroubujeme plnicí ventil (používáme vždy geometricky shodnou celou sadu ventilů).
- Připojíme odsávací hadici a následně připojíme plnicí hadici.

III. KROK 3

- Po úspěšném napuštění hlavní nádrže a provedení „KROKU 2“ navolíme tlačítkem („4.“) požadovanou pozici plnění.
- Měření odstartujeme tlačítkem „START“ („2.“), v průběhu měření je možné toto měření zastavit tlačítkem „STOP“ („3.“)
- Ukončení měření je signalizováno akusticky („5.“) a rozblikáním kontrolky („2.“).

IV. KROK 4

- Během měření je možné sledovat aktuální stav nádrže a plněné láhve. Tyto hodnoty jsou zobrazovány na obrazovce „Schéma“ („6.“), která je přístupná uživateli (obsluze) až po přihlášení. Podrobný popis obrazovky „Schéma“ je popsán v části „Seznam obrazovek – část 9.“ [9]



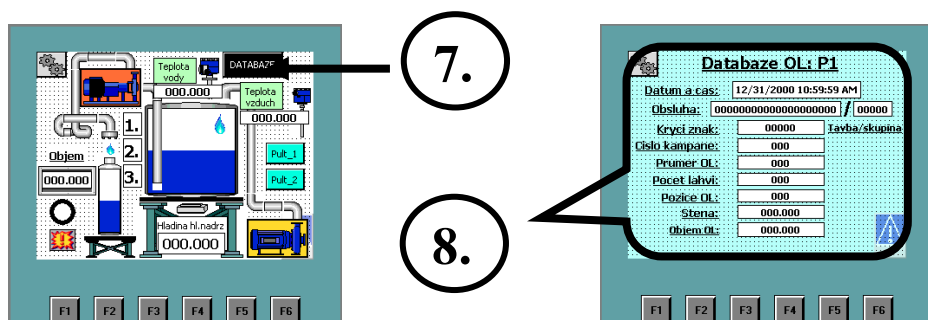
Obr. 39 Zobrazení obrazovky - schéma

V. KROK 5

- Po ukončení měření (dobrá láhev) dojde k automatickému zapnutí dopouštění nádrže, uživatel (obsluha) nemusí znovu projít „KROK 1“. V případě, že dojde během měření k poruše na zařízení (vzniku alarmu) musí uživatel (obsluha) začít měření od „KROKU 1“.
- V dalším kroku odpojíme odfukovou hadici a plnicí hadici.

VI. KROK 6

- Výsledky z posledního měření je možné si zobrazit na obrazovce „Databáze“ („8.“), která je přístupná po stisknutí tlačítka („7.“) na obrazovce „Schéma“. Podrobný popis obrazovky „Databáze“ je popsán v části „Seznam obrazovek – část 9.1“.

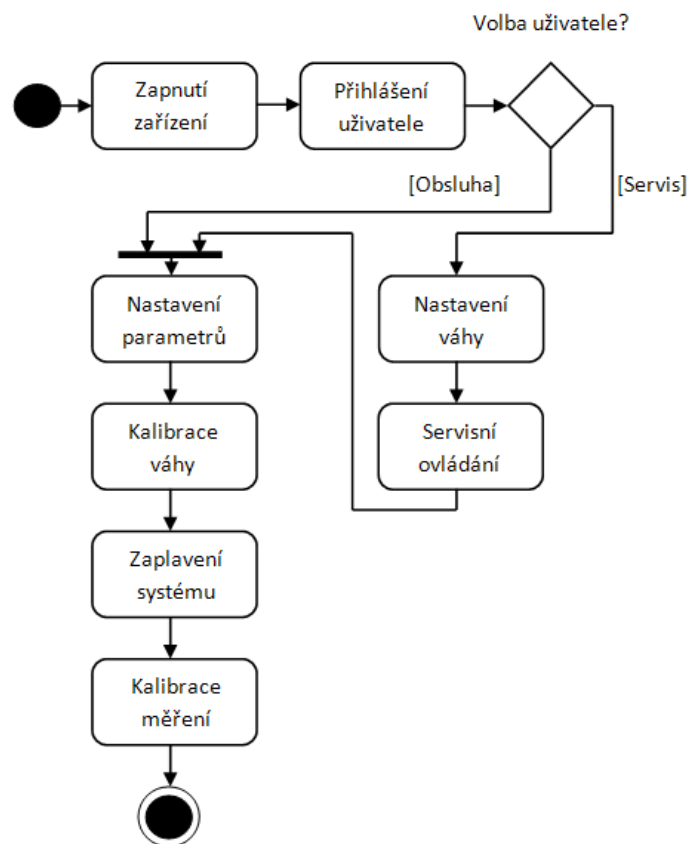


Obr. 40 Zobrazení obrazovky - databáze

VII. KROK 7

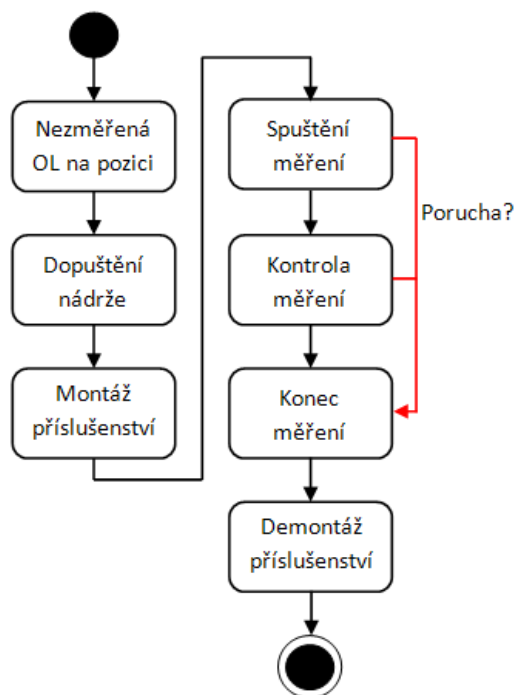
- Po ukončení měření OL na pozici (KROK 1 – 6,7), je možné začít měřit další láhev. Nyní se bude postupovat od „KROK 2“ v případě poruchy „KROK 1“.
- Po ukončení měření na všech pozicích (MS1 – pozice 1, 2, 3; MS2 – pozice 4, 5, 6) a sklopení stolu dojde k zápisu všech hodnot do databáze. Data jsou ukládána do databáze v externím PC, které není součástí měřicí stanice.

6.4.4 Diagram zobrazující cyklus přípravy zařízení k provozu



Obr. 41 STD diagram zobrazující cyklus přípravy zařízení k provozu

6.4.5 Diagram zobrazující cyklus měření ocelové tlakové láhve



Obr. 42 STD diagram zobrazující cyklus měření ocelové tlakové láhve

6.5 Tvorba databáze

Při zadávání zakázky pro rekonstrukci zařízení byla podmínka, že zařízení musí být připraveno pro automatický přenos dat na číslavačku (stroj pro značení lahvi) s vědomím toho, že PLC na číslavačkách není zatím schopna tento systém zpracovat (zastaralý systém).

V požadavcích byly zadány přesné podmínky ohledně dat, která mají být archivována. Naměřené hodnoty a data musí být archivovány v elektronické podobě s těmito údaji:

1. Datum a čas plnění
2. Jméno a znak operátora
3. Krycí znak (tavba/skupina)
4. Číslo OL - plněné láhve (operátor zadává krycí znak např. AB/1 číslo OL vyhodnocuje PLC)
5. Průměr láhve
6. Operátor zadává i maximální číslo poslední OL v kampani (Po dosažení tohoto čísla se zablokuje plnicí zařízení a obsluha musí potvrdit novou kampaň)
7. Stěna – tloušťka stěny OL
8. Skutečný vodní objem naplněné OL

Na základě domluvy s vedoucím projektu byl pro tvorbu databáze vybrán software Control Web od firmy Moravské přístroje. Control Web je universální nástroj pro vývoj a nasazování vizualizačních a řídicích aplikací, aplikací sběru, ukládání a vyhodnocování dat, aplikací rozhraní člověk-stroj. Mezi jeho přednosti patří, že obsahuje všechny komponenty nutné k tvorbě vizualizačních aplikací – zobrazovací a ovládací prvky, alarmy a archivy, historické trendy aj., umožňuje práci v reálném čase, kdy se nespolehá na tzv. databázi tagů. Mezi jeho základní funkce patří ovládání různých veličin spojitých, binárních nebo textových a zobrazování stavu těchto veličin [2].

Control Web je schopný díky otevřené architektuře ovladačů spolupracovat s množstvím zařízení, jako jsou PLC systémy, samostatné I/O moduly, měřicí karty, ale i www servery atd. Pro komunikaci je možné použít ethernetové spojení, dial-up (vytáčené připojení), gsm síť, což usnadňuje kontrolu a řízení vzdálených systémů. Komunikace mezi PLC a PC s databází je realizována pomocí OPC serveru. Control Web se připojuje k OPC serveru přes driver (OPC-klient). Komunikace zde probíhá formou server/klient [4].

V prostředí Control Web je vytvořena vizualizace, která se skládá ze tří panelů. Na prvním panelu označeném jako „HLAVNI“ je zobrazeno blokové schéma komunikace mezi PLC, OP (HMI) a databází (Obr. 39). Na dalším panelu „DATABAZE“ jsou zobrazována data, která jsou ukládána v databázi (Obr. 40). Tyto hodnoty je možné dále uložit do externího souboru v tabulkové podobě (ve formátu. dtb). Poslední panel je pouze informativní a jsou zde zobrazovány průběhy spojitých veličin, které jsou na zařízení měřeny (např. teplota vody, vzduchu), (Obr. 43).

Podrobný popis jednotlivých panelů je v Příloze – Manuál.DTB [10].

7. Testování funkčnosti, uvedení do provozu, zhodnocení přesnosti měření

Testování celého projektu bylo rozděleno do několika etap. V první etapě byl testován program pro PLC a HMI pomocí simulátoru S7-PLCSIM. Tento simulátor umožňuje propojit programovatelný automat a operátorský panel tak, aby bylo možné vyzkoušet funkčnost programu bez fyzického připojení ke skutečnému PLC či panelu HMI.

Po odzkoušení všech základních funkcí ovládacích a řídicích prvků, signálu z čidel v simulátoru bylo možné pokračovat v testování programu PLC a HMI po připojení k fyzickému zařízení (PLC S7-315 a HMI KTP600). Tato část testování sloužila pro ověření správných funkcí jednotlivých funkčních částí jako je například zapínání/vypínání čerpadel, změna frekvence při plnění, signalizace poruch atd. Vzhledem k tomu, že zařízení pro stanovení vodního objemu obsahuje dvě stejné pracoviště, bylo možné zkrátit dobu programování tak, že stačilo naprogramovat a odzkoušet jednu stanici, poté již zhotovený program zkopírovat, upravit a otestovat na druhé stanici.

V další etapě bylo možné začít s vyzbrojením a montáží rozvaděčů a ovládacích panelů, dále pak tažením kabelových tras, osazením stroje novými čidly a oživováním stroje. Při oživování stroje byly jednotlivé plnicí stanice testovány samostatně. Po odzkoušení všech funkcí první plnicí stanice bylo možné začít s oživováním druhé plnicí stanice. V první etapě se testovaly jednotlivé části zařízení samostatně (zapínání/vypínání, měření hodnot), při oživování byly testovány větší celky dohromady, jako jsou například funkce zaplavení systému, napouštění/plnění, dále pak vznik alarmu v jednotlivých částech běhu programu.

V okamžiku, kdy byly obě plnicí stanice otestovány na všechny funkce, bylo možné zkoušet a následně upravit přesnost měření. Testování přesnosti měření bylo provedeno pomocí etalonu 10,38 a 8,37 litrů. Zařízení musí měřit s maximální chybou $\pm 0,25\%$ na celkový měřený objem láhve. Výsledný objem pro měřený desetilitrový etalon je $V=10,27\pm 0,025$ litru a pro měření 50 litrové láhve $V=50\pm 0,125$ litrů.

V požadavcích od zadavatele byla podmínka, že zařízení musí splňovat takt linky pro daný typ OL s prostojem 7% z výrobního času. Vzhledem k této podmínce, bylo nutné zajistit, aby doba měření OL (od napouštění nádoby až po konec plnění OL) netrvala zbytečně dlouho.

Na začátku měření byla doba pro změření jedné OL cca 3 minuty, postupnou úpravou času běhu jednotlivých čerpadel bylo dosaženo taktu 1 minuta na měřenou OL. To znamená cca 6 minut pro plnění jedné série lahví (do tohoto údaje není zahrnut čas pro montáž/demontáž ventilů a hadic). Při výpočtu vodního objemu bylo nutné brát v ohledu množství vody v hadicích mezi nádrží a plnicím ventilem, tento údaj je jako konstanta zahrnut do rovnice pro výpočet vodního objemu.

Po kompletním odzkoušení obou stanic následoval 10ti denní zkušební provoz, kdy byly postupně doladěny všechny funkce ke spokojenosti obsluhy a zákazníka.

8. Zhodnocení dosažených výsledků

Cílem této diplomové práce byla rekonstrukce zařízení pro stanovení vodního objemu ocelových tlakových lahví, které je součástí hydrostatické zkušebny na provozu firmy Vítkovice Cylinders a.s. Původní stav tohoto zařízení byl nevyhovující z hlediska provozu a údržby. Cílem rekonstrukce bylo vybavit původní nefunkční zařízení novými řídicími, měřicími a ovládacími prvky (nové čerpadla, řídicí systém, snímače atd.) – elektro část. Strojní část zařízení (mechanické prvky, potrubí, hadice atd.) není součástí tohoto projektu.

Diplomová práce v několika kapitolách popisuje rekonstrukci zařízení od zadání požadavků na rekonstrukci (od zákazníka), návrhu nové koncepce měřicího systému přes realizaci měřicí a řídicí aplikace po návrh a realizaci vizualizačních aplikací. Práce je dále rozdělena na několik dílčích částí, návrh nového hardwaru, vytvoření elektro dokumentace, programování softwaru – řídicí program pro PLC, vizualizaci pro HMI a databázi, společná komunikace. Dále pak vyzbrojení rozvaděčů, demontáž původního a montáž nového zařízení, natažení kabelových tras, osazením stroje novými prvky a následným testováním a oživováním.

Řízení nového zařízení jsem realizoval pomocí řídicího systému PLC SIMATIC S7-315 s vizualizací na OP KTP600 a ukládáním naměřených dat do databáze, spuštěné na stolním PC, který je umístěn v kanceláři mistrů provozu. Řídicí program pro PLC je vytvořen v prostředí Simatic – Manager a pro vizualizaci OP byl použit SW WinCC oba od firmy Siemens s.r.o. Databázový systém je realizován v prostředí Control Web od firmy Moravské přístroje a.s..

Původní návrh ukládání dat z měřicího zařízení měl být zrealizován pomocí síťového spojení se zařízením pro značení lahví (značící stroj - označí změřenou láhev patřičnými údaji). Vzhledem k tomu, že tento stroj není prozatím přizpůsoben pro příjem dat vzhledem ke staršímu řídicímu systému SIMATIC S5 (úprava pro značící stroj není zatím z finančního důvodu v jednání), bylo dohodnuto po konzultaci se zákazníkem, že archivace dat bude realizována do externího PC. Komunikace mezi PLC a PC bude přes Ethernet pomocí OPC server formou server-klient.

Hlavním cílem samozřejmě kromě zprovoznění zařízení bylo zajistit stejný ne-li vyšší tok výroby přes toto zařízení. Postupnou úpravou řídicího softwaru jsem dosáhl taktu 1 min na změřenou OL. Tato doba stačila na to, aby zařízení dosahovalo požadovaného toku výroby. Dalším krokem pro zajištění zrychlení toku výroby by bylo, doplnit toto zařízení o další plnicí stanice a následně upravit řídicí software tak, aby každá z 6tice lahví byla naplněna a měřena samostatně. Tento krok je z hlediska investic nákladný a je v dalším jednání mezi zákazníkem a zhotovitelem.

Vzhledem k tomu, že tento projekt byl pro mě doposud nejrozsáhlejší a většinu věcí jak z pohledu SW tak HW jsem se musel naučit, byl to pro mě značný přínos. Při tvorbě projektu jsem se naučil jak zrealizovat zakázku od začátku (po zadání požadavků od zákazníka), konzultací s technologií a vedením projektu ohledně návrhu a realizace softwarového a hardwarového řešení až po oživování a předání zařízení do provozu.

Výsledkem práce je vytvořený software pro řízení s vizualizací na OP a ukládáním dat do externí PC.

9. Použitá literatura

- [1] Siemens: SIMATIC Communication with SIMATIC Systém Manual, 12/2005, EWA 4NEB 710 6075-02 03
- [2] *Moravské přístroje – Control Web všestranný pomocník*. [online]. [cit. 2011-11-29]. Dostupné z WWW (<http://www.mii.cz/art?id=770&cat=160&lang=405>)
- [3] Martinásková M., Šmejkal L.: *PLC a automatizace. Základní pojmy, úvod do programování*. BEN – technická literatura, Praha 1999.
- [4] Bílý R., Cagaš P.: *Control Web 2000*, Computer Press 1. díl, Praha, 1999, ISBN 80-7226-258-0
- [5] *OPC Foundation – What is OPC?*. [online]. [cit. 2011-1-1]. Dostupné z WWW (http://opcfoundation.org/Default.aspx/01_about/01_what_is.asp?MID=AboutOPC)
- [6] *Komunikační technologie - Ethernet*. [online]. [cit. 2000-9-19]. Dostupné z WWW (<http://www.svetsiti.cz/clanek.asp?cid=2323>)
- [7] KALANI, Ghodrati. [i]Industrial process control: advances and applications.[/i] Boston: Butterworth-Heinemann, c2002, xiii, 182 s. ISBN 0-7506-7446-6.
- [8] MÜLLER, Jürgen, Frank NEUMANN a Bernd PFEIFFER. [i]Controlling with SIMATIC: practice book for SIMATIC S7 and SIMATIC PCS7 control systems. [/i]Erlangen: Publicis, c2005, 162 s. ISBN 3-89578-255-6.
- [9] Firemní materiály, Vítkovice Mechanika a.s., dostupné na přiloženém CD ve složce Manualy, Manual.pdf
- [10] Firemní materiály, Vítkovice Mechanika a.s., dostupné na přiloženém CD ve složce Manualy, Manual_DTB.pdf
- [11] Firemní materiály, Sensit spol. s.r.o, dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, Snímače teploty, TeplotniCidlo_NS510A.pdf
- [12] Firemní materiály, Sensit spol. s.r.o, dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, Snímače teploty, TeplotniCidlo_NK560.pdf
- [13] Firemní materiály, HBP měřicí technika s.r.o, dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, Snímač hmotnosti, Tenzometr_PWS-C3.pdf
- [14] Firemní materiály, Siemens s.r.o, dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, Frekvenční měnič, Sinamics_V20.pdf
- [15] Firemní materiály, Siemens s.r.o, dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, Vážicí modul, Siwarex_U2.pdf
- [16] Firemní materiály, Vítkovice Mechanika a.s., dostupné na přiloženém CD ve složce Specifikace_materialu, Material_specifikace.pdf
- [17] Firemní materiály, Vítkovice Mechanika a.s., dostupné na přiloženém CD ve složce Výkresy. Nové výkresy. Elektro dokumentace.pdf

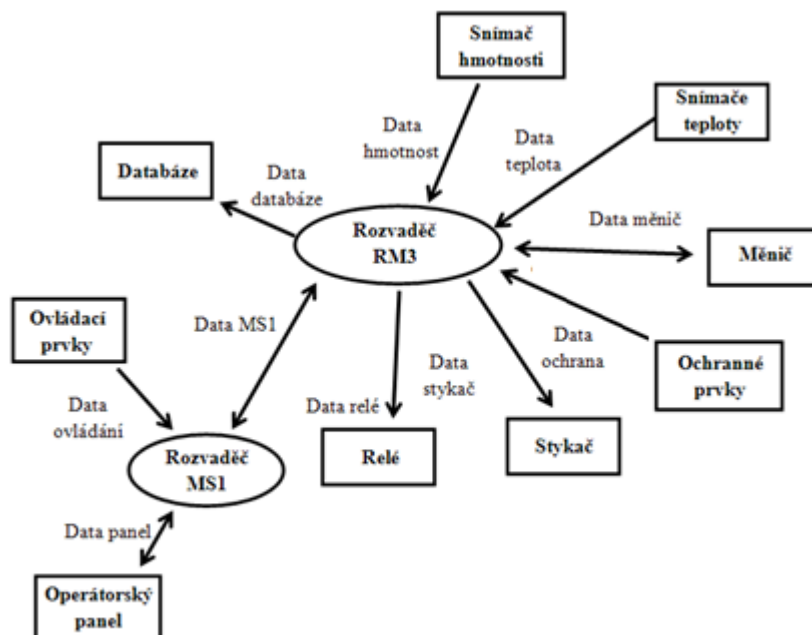
10. Seznam příloh

Příloha I – Dataflow diagram

Příloha II – Obsah CD

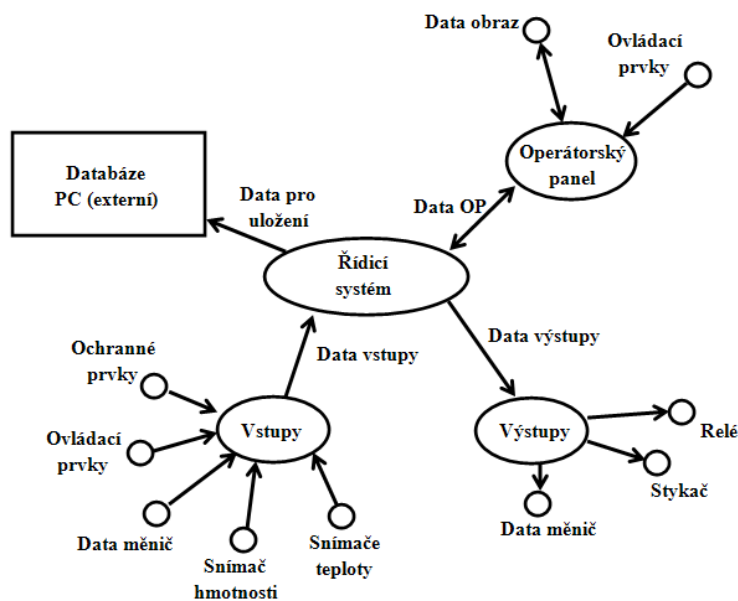
Příloha I – Dataflow diagramy

1. Vrstva



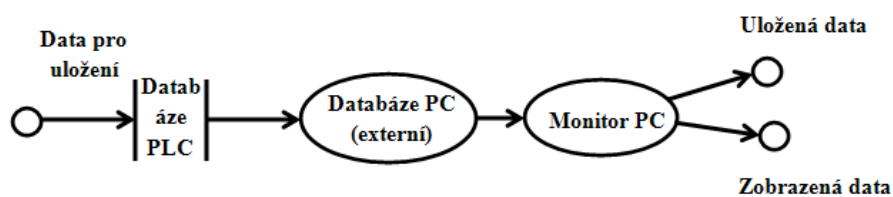
Obrázek 1 – První vrstva Dataflow diagramu

2. Vrstva



Obrázek 2 - Druhá vrstva Dataflow diagramu

3. Vrstva



Obrázek 3 - Třetí vrstva Dataflow diagramu

Příloha II – Obsah CD

- Datasheety
- Manualy
- Program_Databaze
- Program_PLC_HMI
- Specifikace_Materialu
- Technická_zprava
- Výkresy